

Annales
de
zoologie
écologie animale

inra

AZEA7.4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS Tél. : 551-41-09.

Directeur général : R. FÉVRIER

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, C. CALET, A. CAUDERON,
G. FAUCONNEAU, G. JOLIVET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

- J. CHAUSSIDON, Chef du département de Science du Sol, C. N. R. A.,
- L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, I. N. R. A.,
11, rue Jean-Nicot, 75007 Paris.

Annales de Phytopathologie.

- J. PONCHET, Chef du Département de Pathologie végétale, 06602 Antibes.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
- B. L. DUMONT, Directeur du Laboratoire de Recherches sur la viande, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherches à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
- J. PARDE, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
- B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux,
91440 Bures-sur-Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. LARVOR, Directeur de la Station de Physiopathologie de la Nutrition, Theix, Saint Genès Champanelle, 63110 Beaumont.

Annales d'Hydrobiologie.

- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.
- J. LECOMTE, Chef du Département d'Hydrobiologie, C. N. R. A.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1975

Vol. 7 . N° 4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA BIOLOGIE DE *GALLERIA MELLONELLA*. ACTION DE L'HORMONE JUVÉNILE ET DE CERTAINS DE SES MIMÉTIQUES AU NIVEAU DE L'ORGANISME ENTIER

G. PLANTEVIN

avec la collaboration technique de Christiane MAILLIER

Laboratoire de Biologie, Bâtiment 406,
I. N. S. A., 69621 Villeurbanne

RÉSUMÉ

Nous avons testé l'influence de 4 substances juvénilisantes (hormone de RÖLLER ou HJR, « synthetic juvenile hormone » ou HJC, Farnesyl-méthyl-éther ou FME et Farnesol) administrées par voie orale ou en injection à des larves de *G. mellonella*. Les critères considérés sont : le pourcentage de mues surnuméraires observé, la dose utilisée, la croissance pondérale et la durée de développement (que les larves présentent ou non un stade surnuméraire) et la présence éventuelle d'intermédiaires larve-chrysalide.

D'une façon générale la méthode d'administration orale donne de bien meilleurs résultats. L'HJR est active à des doses beaucoup plus faibles que les 3 autres substances (il suffit de 0,25 µg/larve, en ingestion, pour obtenir 78 p. 100 de mues surnuméraires) ; elle permet seule un taux élevé de telles mues après injection. L'HJC, très efficace en ingestion, est néfaste en injection. FME et Farnesol sont inactifs et même toxiques à haute dose s'ils sont introduits dans la cavité générale. Le FME est efficient en ingestion alors que le Farnesol ne l'est pratiquement pas. La vitesse de croissance est sensiblement constante quel que soit le composé, s'il est actif.

Des administrations répétées d'HJR permettent d'obtenir plusieurs mues surnuméraires successives. Une partie importante de l'HJ est excrétée sous forme encore active.

La signification physiologique des différents composés est discutée à la lumière de nos résultats et des données bibliographiques. La discussion porte également sur les critères d'efficacité retenus et les modalités d'utilisation de l'hormone.

INTRODUCTION

Il est bien connu que la fourniture d'hormone juvénile entraîne fréquemment des altérations du cycle biologique de l'insecte traité, touchant notamment la croissance pondérale, le type et le nombre des mues. Ce dernier caractère étant l'une des

incertitudes majeures de la biologie de *Galleria mellonella* il était indispensable de connaître l'effet de l'hormone à ce niveau pour analyser avec profit son rôle dans les changements affectant des organes internes.

Dans un article antérieur (PLANTEVIN et NARDON, 1970) nous avons en effet envisagé le problème des rennovations épithéliales dans le mésentéron de cet insecte et étudié tout particulièrement les modalités de la différenciation des cellules basales. L'étude préliminaire du contrôle hormonal de ces transformations (NARDON et PLANTEVIN, 1968) a montré l'importance de l'hormone juvénile, sa présence au moment de la croissance cellulaire conditionnant l'apparition des types larvaires. Dans le but de préciser le rôle de cette hormone dans les modifications de l'épithélium intestinal et d'analyser son mode d'action nous avons été amenés à en administrer à des larves de différents âges (PLANTEVIN, 1975 b).

De nombreux mimétiques de l'hormone juvénile ont été testés. Ils présentent des degrés d'activité très différents en fonction de leur nature, de l'espèce d'insecte traité et du mode d'administration (ROMANUK, 1971 ; SLAMA, 1971 ; STAAL, 1972 ; DOANE, 1973). Nous avons ainsi comparé l'action de quatre substances (Farnesol, Farnesyl-méthyl-éther, « Synthetic juvenile hormone » et Hormone de RÖLLER) ingérées ou injectées, en portant notre attention notamment sur les caractères suivants : croissance pondérale et durée du dernier stade larvaire, obtention de stades larvaires surnuméraires ou d'intermédiaires larve-chrysalide.

Cette étude est d'autant plus significative qu'elle est conduite sur un matériel mieux connu. A cet effet nous avons précédemment défini (PLANTEVIN, 1975 a) les modalités de notre élevage, indiqué le nombre des stades larvaires, décrit plusieurs types de mues supplémentaires et précisé certaines caractéristiques telles que la dimension des capsules céphaliques, la durée des stades et le poids au moment des mues.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — Animaux

Les modalités de l'élevage de *Galleria mellonella* ayant été décrites avec précision par ailleurs (PLANTEVIN, 1975 a) nous rappellerons seulement les conditions essentielles : température $27,5^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, humidité relative 70 p. 100 $\pm$ 10 p. 100, nourriture composée de cire et de pollen. Pour tous les essais rapportés ici, les larves ont été triées à partir de l'élevage de masse à l'avant-dernière ou à la dernière mue larvaire. Dans ce cas, seules les chenilles pesant entre 50 et 85 mg ont été retenues.

2. — Substances utilisées

Quatre substances ont été testées :

- Farnesol
- Farnesyl-méthyl-éther (FME) ⁽¹⁾
- Synthetic juvenile hormone, obtenue par LAW et coll. (1966) en traitant l'acide farnesoïc par l'éthanol HCl, et commercialisée par Calbiochem (HJC)
- dl-juvenile hormone (méthyl dl-*trans*, *trans*, *cis*-10-époxy-7-éthyl-3, 11-diméthyl-2,6-tridecadienoate) de H. A. RÖLLER (HJR) ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Les laboratoires Hoffmann-Laroche nous ont fourni ce mimétique de l'hormone juvénile. Nous les en remercions.

⁽²⁾ Nous remercions très vivement M. le Professeur H. A. RÖLLER qui nous a obligeamment procuré cette hormone.

3. — *Modalités d'application*

Les quatre substances ont été utilisées en solution dans l'huile d'olive.

a) *Utilisation par injection.*— *Technique.*

Le volume à injecter, compris entre 0,1 et 5 μ l selon les essais, est mesuré à la seringue Hamilton de 1 μ l ou de 10 μ l et déposé à l'extrémité d'un capillaire Radiometer type D 551 maintenu horizontalement. L'hormone est ensuite prélevée, sous une loupe binoculaire, au moyen d'un fin capillaire de quartz dont l'extrémité est taillée en biseau. Le capillaire est relié à un tube flexible permettant l'aspiration. (Il est possible de prélever ainsi la quasi totalité du produit actif déposé dans le tube Radiometer). L'injection est réalisée sur l'animal anesthésié à l'éther, au niveau de la membrane intersegmentaire séparant les segments abdominaux 3 et 4, en position latérale. Après pénétration dans la cavité générale, le capillaire est poussé sous le tégument jusqu'au 2^e segment abdominal ; le liquide est alors délivré. L'anesthésie provoque une diminution considérable du tonus musculaire, éliminant ainsi le risque d'hémorragie lors de la pénétration du capillaire, ainsi que celui d'un éventuel rejet de liquide après le retrait. Lors du réveil de la larve la blessure est naturellement colmatée, aucune autre manipulation n'étant nécessaire (KUNKEL, 1973 sur *Blatella germanica* procède de la même manière).

— *Témoins utilisés.*

Les larves injectées ont été comparées aux témoins suivants : animaux injectés avec une quantité équivalente de solution saline (permettant d'apprécier l'influence de l'injection elle-même) et chenilles injectées avec un égal volume d'huile d'olive (en vue de tester l'influence du support).

b) *Utilisation par ingestion.*— *Technique.*

Le volume d'hormone à utiliser est mesuré à la seringue Hamilton et déposé sur un petit fragment de cire de surface constante (35 mm²), puis étalé à la surface. La cire est alors placée dans la boîte de Pétri où se trouve la larve. Elle est, en moyenne, totalement absorbée en 36 h par une chenille de début de dernier stade.

— *Témoins utilisés.*

Deux catégories de témoins ont été employés. Dans le premier cas les larves ont reçu 35 mm² de cire pour tester l'influence de la faible quantité de nourriture. On a fourni au deuxième lot la même quantité de cire sur laquelle avait été déposé 1 μ l d'huile d'olive. Dans tous les cas de la cire a été rajoutée seulement après consommation totale du fragment initial.

4. — *Critères d'efficacité et caractéristiques considérées*

L'administration d'HJ ou de ses mimétiques permet d'obtenir soit des chenilles effectuant une mue surnuméraire, soit des intermédiaires larve-chrysalide, soit enfin des animaux nymphosant sans stade supplémentaire.

a) *Cas des larves nymphosant sans stade supplémentaire.*

Nous nous sommes intéressés à leur croissance pondérale et à leur durée de développement. Comme pour les témoins, nous avons toujours indiqué les caractéristiques suivantes :

- le poids au moment de la dernière mue larvaire Pd
- le poids maximum Pm
- l'augmentation de poids $\Delta P = Pm - Pd$
- la durée de la phase de croissance Tdm
- la durée de la phase séparant le maximum de poids de la mue nymphale TmC
- la durée du dernier stade larvaire TdC = Tdm + TmC

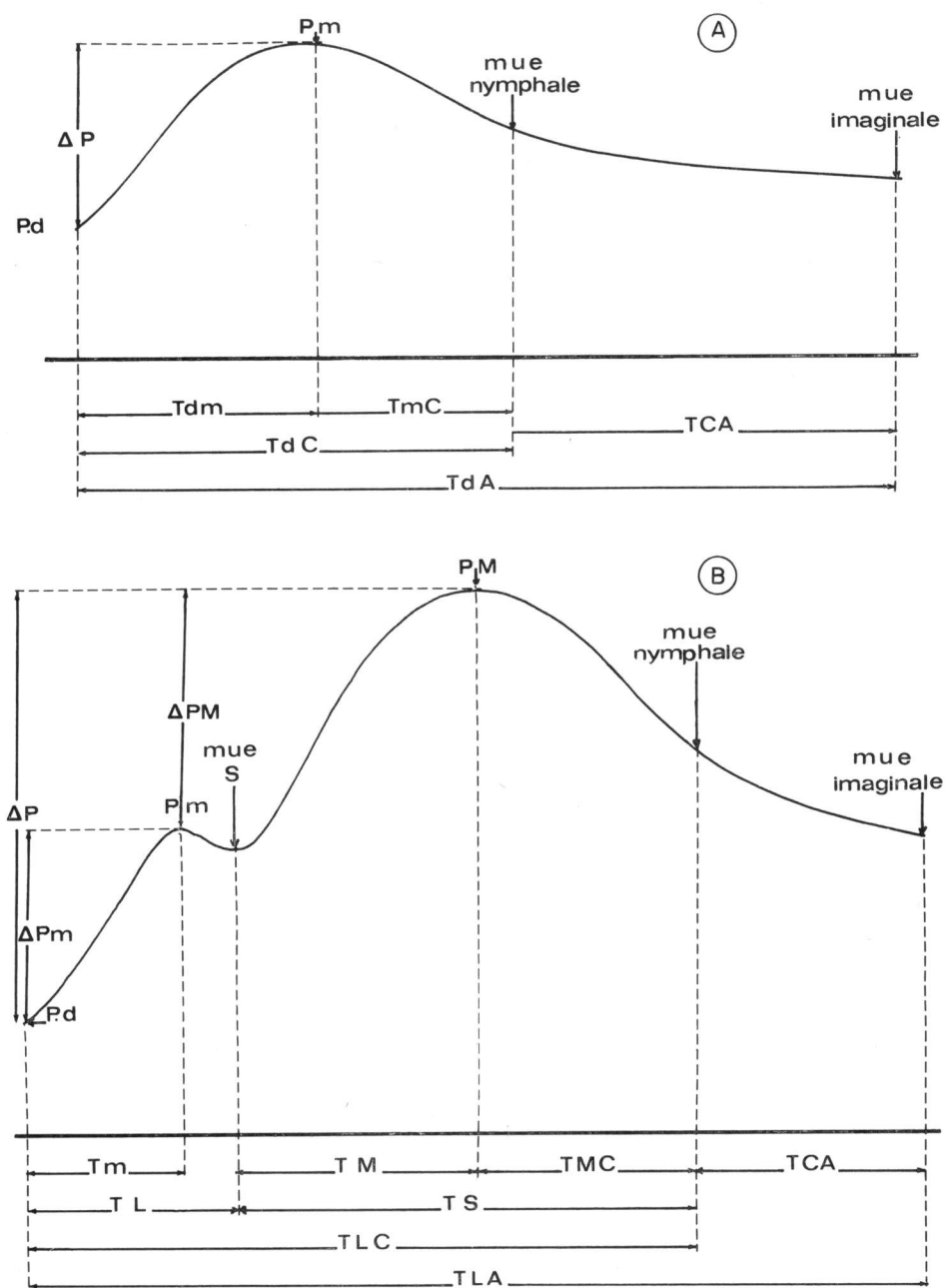


FIG. 1. — Signification des éléments observés ou calculés concernant la croissance pondérale et la durée de développement de *G. mellonella*, et utilisés pour l'élaboration des tableaux 1 et 3 à 7

abscisses : durées de développement ; ordonnées : poids

a : cas des larves n'effectuant pas de mue surnuméraire

b : cas des larves effectuant une mue surnuméraire

mue s : mue surnuméraire ; $T_{LM} = T_L + T_M$

- la durée du stade nymphal TCA
- le coefficient de croissance $\Delta P/Pd$
- le taux de croissance $\Delta P/Tdm$
- le taux unitaire de croissance $(\Delta P/Pd) \cdot 100/Tdm$.

La signification de chaque élément est schématisée sur la figure 1 a. Certaines caractéristiques se déduisent automatiquement des mesures effectuées. Elles ne sont systématiquement rapportées que pour faciliter l'exposé et la discussion des résultats.

b) *Cas des larves effectuant une mue surnuméraire.*

Les mêmes caractéristiques que précédemment ont été prises en considération tant pour le stade larvaire normal que pour le stade supplémentaire et pour la somme des deux. Les divers éléments et leur signification sont schématisés sur la figure 1 b.

c) *Cas des intermédiaires larve-chrysalide.*

Ces animaux étant pour la plupart condamnés à plus ou moins brève échéance, seul leur aspect morphologique a été noté.

5. — *Analyse statistique*

Dans la quasi totalité des cas la taille des échantillons a été suffisante pour traiter séparément mâles et femelles : les diverses comparaisons ont été effectuées par la méthode d'analyse de variance à deux facteurs contrôlés : série et sexe. Dans certains cas nous nous sommes limités aux comparaisons de moyennes (test ϵ ou t de Student Fisher). Sauf indications contraires nous nous sommes placés au risque 0,05.

RÉSULTATS

Après avoir indiqué les caractéristiques d'un lot témoin et établi l'influence des conditions expérimentales, nous préciserons les doses utilisées pour chaque substance. Nous envisagerons ensuite leur action sur la croissance des larves, qu'elles effectuent ou non une mue surnuméraire. Nous terminerons par les résultats consécutifs à des administrations tardives, répétées ou secondaires d'hormone.

1. — *Définition du lot « témoins vrais »*

Nous avons souligné précédemment (PLANTEVIN, 1975 a) que les poids et durées de développement peuvent varier dans des limites assez larges en fonction du temps. Ceci n'est pas exceptionnel et plusieurs auteurs l'ont signalé chez *G. mellonella* (BALAZS, 1958 ; SEHNAL, 1965).

Pour éviter cet inconvénient nous avons essayé de regrouper dans une période assez brève le maximum d'expériences. Ceci n'a cependant pas toujours été possible en raison notamment des difficultés d'approvisionnement en substances actives. De plus, pour chaque série expérimentale nous avons considéré un lot témoin, sans aucun traitement autre que les pesées biquotidiennes nécessaires à l'évaluation de la croissance pondérale. L'importance de ce lot était variable mais il comportait toujours au moins 30 larves. Les comparaisons de ces différents lots montrent que, si les poids au moment de la dernière mue larvaire (Pd) sont significativement différents, les poids maximums (Pm) ont de grandes chances de l'être aussi ; les augmen-

tations de poids (ΔP) le sont en général beaucoup moins. Quant aux quotients $\Delta P/P_d$, ils ne sont jamais différents. Il en est de même des durées où aucune différence significative n'a été enregistrée.

Ceci nous a incité à étudier un échantillon témoin de 123 larves (55 mâles et 68 femelles) servant de référence. Les fluctuations de chacun des lots témoins par rapport à ce dernier étaient faibles et, sauf exception, non significatives (au moins pour $\Delta P/P_d$) nous avons toujours, dans un but de simplification, comparé les valeurs obtenues après traitements expérimentaux aux valeurs de cet échantillon témoin.

Les caractéristiques de ce lot figurent dans le tableau 1 (partie gauche).

2. — Influence des conditions expérimentales

a) Comparaison des témoins expérimentaux entre eux.

Les quatre catégories de « témoins expérimentaux » (injectés avec une solution saline ou de l'huile d'olive et ingérant 35 mm² de cire seule ou additionnée d'huile d'olive) ont été comparées entre elles. Nous n'avons que peu de différences significatives (encore sont-elles à la limite car $p \simeq 0,05$). L'une affecte le poids à la dernière mue, deux le poids maximum mais aucune ne touche l'augmentation de poids ni le coefficient de croissance. De même, deux différences concernent la durée de la phase de croissance et deux la phase prénymphale (TmC). Mais aucune différence significative n'est décelable quant à la durée du dernier stade larvaire, pas plus que vis-à-vis du taux de croissance, ou du taux unitaire de croissance. Nous avons donc regroupé tous ces témoins expérimentaux en une seule catégorie dont les caractéristiques figurent dans la partie droite du tableau 1.

Abréviations des tableaux 1 et 3 à 7

Pd	: poids au moment de la dernière mue larvaire
Pm	: poids maximum
ΔP	: augmentation de poids ($P_m - P_d$)
$\Delta P/P_d$	: coefficient de croissance
$\Delta P/T_{dm}$	: taux de croissance
$(\Delta P/P_d) 100/T_{dm}$	: taux unitaire de croissance
Tdm	: durée de la phase de croissance
TmC	: durée de la phase séparant le moment du maximum de poids de celui de la mue nymphale
TdC	: durée du dernier stade larvaire ($TdC = T_{dm} + T_{mC}$)
TCA	: durée du stade nymphal
Ps	: poids au moment de la mue surnuméraire
PM	: poids maximum pour les larves de stade surnuméraire
$\bar{x}$	: moyenne
Ex	: valeurs extrêmes
S ²	: variance
C.V.	: coefficient de variation

Deux points importants sont à souligner :

— le fait de donner à une larve une faible quantité de cire (35 mm²) au début du dernier stade et de n'en rajouter qu'après consommation totale a les mêmes répercussions qu'une injection. Or, dans ce dernier cas, l'anesthésie inhibe la prise de nourriture pendant 4 à 6 heures selon les cas ; elle redémarre ensuite mais plus

TABLEAU I

Caractéristiques des larves de G. mellonella constituant le lot « témoins vrais ».
Influence des conditions expérimentales

(injection d'une solution saline ou d'huile d'olive ;
 ingestion de 35 mm² de cire avec ou sans huile d'olive)

		Témoins			Témoins expérimentaux		
		55 ♂	68 ♀	123 ♂ + ♀	119 ♂	155 ♀	274 ♂ + ♀
Pd	$\bar{x}$	58,455	65,706	62,463	56,849	64,819	61,358
	Ex	50-83	50-82		50-76	50-85	
	S ²	73,3266	79,1361	89,0212	41,0447	85,9152	81,8716
	C.V.	14,649	13,539	15,105	11,270	14,300	14,747
Pm	$\bar{x}$	135,727	189,559	165,488	118,168	155,490	139,281
	Ex	82-204	67-258		66-198	69-265	
	S ²	648,7946	1 558,5786	1 865,3503	604,141	1 054,2905	1 194,3383
	C.V.	18,767	20,827	26,098	20,800	20,882	24,864
ΔP	$\bar{x}$	77,273	123,853	103,024	60,563	90,735	77,631
	Ex	22-143	10-183		14-123	19-196	
	S ²	641,0539	1 119,0825	1 439,0896	478,7905	878,1828	926,8197
	C.V.	32,766	27,100	36,822	36,130	32,660	39,216
ΔP/Pd	$\bar{x}$	1,354	1,901	1,656	1,071	1,417	1,267
	Ex	0,37-2,37	0,18-4,99		0,27-2,05	0,23-2,80	
	S ²	0,2367	0,2707	0,3279	0,1519	0,2217	0,2203
	C.V.	35,930	27,369	34,579	36,391	33,229	37,045
ΔP/Tdm	$\bar{x}$	0,698	0,960	0,843	0,394	0,558	0,487
	Ex	0,17-1,22	0,14-1,79		0,09-0,87	0,09-1,17	
	S ²	0,0696	0,0979	0,1018	0,0242	0,0388	0,0389
	C.V.	37,796	32,593	37,848	39,483	35,301	40,499
$\frac{\Delta P/Pd \cdot 100}{Tdm}$	$\bar{x}$	1,201	1,452	1,340	0,683	0,859	0,782
	Ex	0,27-2,07	0,14-2,23		0,17-1,42	0,16-1,76	
	S ²	0,2156	0,1819	0,2110	0,0740	0,0840	0,0870
	C.V.	38,662	29,373	34,280	39,829	33,740	37,718
Tdm	$\bar{x}$	117,600	135,000	127,220	156,605	166,297	162,088
	Ex	48-168	60-240		96-252	120-276	
	S ²	919,4667	891,403	971,976	646,4105	718,9503	708,1242
	C.V.	25,785	22,116	24,506	16,235	16,124	16,417
TmC	$\bar{x}$	105,382	103,765	104,488	85,916	81,910	83,650
	Ex	48-168	72-192		60-168	60-156	
	S ²	899,0182	897,3766	886,9732	378,2641	273,3165	321,6350
	C.V.	28,294	28,869	28,503	22,637	20,183	21,440
TdC	$\bar{x}$	222,982	238,765	231,707	242,521	248,206	245,737
	Ex	144-288	156-336		192-336	192-360	
	S ²	1 395,6849	1 315,9438	1 402,5366	1 046,7432	848,5805	939,0955
	C.V.	16,754	15,193	16,163	13,340	11,736	12,471
TCA	$\bar{x}$	193,964	212,294	204,098	198,655	207,639	203,737
	Ex	156-240	168-252		168-252	168-252	
	S ²	366,7394	504,0316	522,8756	389,7701	389,6868	408,1944
	C.V.	9,873	10,575	11,204	9,938	9,507	9,917

lentement que normalement. L'observation des larves ne recevant que peu de nourriture permet de mettre en évidence une différence de comportement : la larve tourne dans la boîte pendant un temps plus ou moins long et n'entame sa nourriture qu'après plusieurs heures en général ; encore ne le fait-elle que lentement et épisodiquement. Au contraire, lorsque la cire est présente en abondance, l'animal s'installe très vite dans un repli de la cire ou entre la cire et la paroi de la boîte de Pétri ; il commence immédiatement à manger. Il semble donc bien que, outre son rôle trophique, la cire ait également une grande importance dans le mode de vie de la larve. De fait dès qu'on rajoute dans la boîte d'élevage un morceau de cire « normal » (800 mm² environ) la chenille reprend son comportement habituel, mais le décalage du départ n'est pas compensé et l'animal mettra plus longtemps pour atteindre un poids plus faible ;

— l'huile d'olive n'a aucune influence par elle-même, que ce soit en injection ou en ingestion, sur la croissance pondérale et la durée de développement. Il en va peut-être différemment pour d'autres caractères car CARLISLE et ELLIS (1968) montrent que l'injection d'huile d'olive purifiée entraîne l'augmentation de la taille des noyaux des cellules des glandes prothoraciques chez *Schistocerca gregaria*.

b) *Comparaison avec les témoins vrais.*

— Les poids au moment de la dernière mue larvaire ne sont pas différents. Par contre, les poids maxima le sont ainsi que les ΔP et $\Delta P/P_d$. Les témoins expérimentaux (mâles et femelles) deviennent moins gros que les témoins vrais. De plus la durée de la phase de croissance est considérablement allongée ; le taux de croissance est donc réduit dans de grandes proportions.

— La durée de la phase séparant le moment du maximum de poids de la mue nymphale (T_mC) diminue de façon très significative ($p < 0,001$). Nous avons là une sorte de compensation conduisant à une différence de durée pour le dernier stade (T_dC) telle que $p \simeq 0,01$ pour les mâles et $0,05 < p < 0,1$ pour les femelles.

— La durée du stade chrysalide n'est pas affectée.

3. — *Action des différents mimétiques de l'hormone juvénile*

a) *Détermination de l'âge d'application du traitement.*

Les essais préliminaires ont été conduits avec l'HJR. Nous avons injecté des larves âgées de 24 à 36 h et 12 à 24 h avant la dernière mue larvaire normale, et des larves âgées respectivement de 0 à 12 h, 12 à 24 h ... jusqu'à 120 à 132 h après cette mue. Des mues surnuméraires ont été obtenues pour les larves âgées de — 24 à 36 h jusqu'à + 48 à 60 h par rapport à la dernière mue. Par contre le résultat des injections réalisées au-delà de 84 h a été l'obtention d'intermédiaires larve-chrysalide.

Nous avons donc retenu pour la suite l'âge de 24 h $\pm$ 6 h dans la majorité des essais ; dans le cas où nous désirions des intermédiaires, l'âge choisi était 96 h $\pm$ 6 h.

b) *Détermination des doses.*

Le tableau 2 porte, pour chaque substance et pour les deux modes d'administration, les limites de la gamme des doses utilisées, les limites d'efficacité (quant à l'obtention de mues surnuméraires), de mortalité, le pourcentage maximum de mues surnuméraires obtenu et la dose retenue pour l'étude de la croissance pondérale.

TABLEAU 2

*Détermination des doses de substances actives
administrées en injection ou en ingestion à des larves de G. mellonella*

↓ : injection ; + : ingestion ; * : l'efficacité s'entend par rapport à l'obtention de mues surnuméraires ; ** : les doses retenues tiennent compte à la fois de l'efficacité par rapport aux mues surnuméraires et à la croissance pondérale et de la toxicité éventuelle. Dans les cas où l'on obtient des mues surnuméraires la dose retenue correspond à la dose optimum (dose minimum permettant d'obtenir le plus fort pourcentage de mues surnuméraires) sauf pour le FME. Il est en effet possible d'atteindre 72 p. 100 avec 7 500 µg mais cette dose n'a pu être retenue de façon systématique en raison des difficultés inhérentes à l'emploi d'un volume aussi important par rapport à la surface de cire.

		Limites des essais de doses (en µg)	Limites d'efficacité* (en µg)	Limites de létalité	Pourcentage de mues sur- numéraires pour la dose retenue	Dose retenue** (en µg)
HJ RÖLLER	↓	0,1 à 5	1 à 2,5	Mortalité nulle	42	2
	+	0,01 à 5	0,1 à 0,5	Mortalité nulle	78	0,25
HJ Calbiochem	↓	10 à 1 000	100 à 500	Mortalité nulle	8	250
	+	10 à 1 000	750 à 1 000	Mortalité nulle	29	750
FME	↓	10 à 1 000	Efficacité nulle	Mortalité 50 % 250 µg 100 % 500 µg		100
	+	10 à 10 000	1 000 à 10 000	Mortalité nulle	60	2 500
F	↓	5 à 5 000	Efficacité nulle	Mortalité 50 % 100 µg 100 % 500 µg		50
	+	5 à 5 000	Efficacité nulle	Mortalité nulle		2 500

Le tableau montre que :

— il existe une très grande différence entre l'HJR et les trois autres composés : il faut des doses 100 fois supérieures d'HJC par injection pour obtenir un résultat nettement moins bon (en ce qui concerne les mues surnuméraires). Par ingestion la différence est encore plus nette puisque les doses utilisées sont 3 000 fois supérieures pour un rendement inférieur (29 p. 100 au lieu de 78 p. 100). En fait il faut une quantité 7 500 fois plus grande que celle autorisant déjà une action pour l'HJR pour obtenir un résultat avec l'HJC ;

— le Farnesol est totalement inefficace quel que soit le mode d'administration : deux mues surnuméraires ont été obtenues mais l'une était peu typique et intervint après une injection de 500 µg soit une dose correspondant pratiquement à la DL-100. L'autre, après injection de 50 µg a conduit à 3 mues successives « redoublées » suivies d'une mue surnuméraire à 136 mg. Il s'agit donc de deux cas très particuliers ;

— le FME est également totalement sans action par injection. Il est par contre très actif en ingestion mais à des doses énormes ;

— si aucun des mimétiques de l'HJ n'est toxique par ingestion, Farnesol et

TABLEAU 3

*Influence de l'hormone juvénile de RÖLLER (HJR)
administrée en injection ou en ingestion à des larves de G. mellonella en début de dernier stade*

		HJR Injection			HJR Ingestion		
		8 ♂	31 ♀	39 ♂ + ♀	28 ♂	33 ♀	61 ♂ + ♀
Pd	$\bar{x}$	57,125	69,000	66,564	63,750	68,939	66,557
	Ex	50-71	51-85		50-84	53-82	
	S ²	58,4107	86,5333	102,6734	88,6389	56,2462	76,6842
	C.V.	13,379	13,481	15,222	14,768	10,879	13,157
Pm	$\bar{x}$	144,500	190,258	180,872	171,286	223,606	202,295
	Ex	101-184	131-306		98-224	125-302	
	S ²	692,8571	1 828,9979	1 921,9568	788,8042	1 713,0587	2 098,0781
	C.V.	18,216	22,478	24,238	16,397	18,105	22,643
ΔP	$\bar{x}$	87,375	121,258	114,308	107,536	159,667	135,738
	Ex	51-122	66-235		45-158	48-221	
	S ²	609,6964	1 544,7312	1 523,9555	692,4802	1 560,8542	1 830,1634
	C.V.	28,260	32,413	34,151	24,471	24,744	31,517
$\Delta P/Pd$	$\bar{x}$	1,548	1,769	1,724	1,721	2,333	2,018
	Ex	0,90-2,08	0,87-3,31		0,69-2,82	0,62-3,31	
	S ²	0,2105	0,2988	0,2829	0,2443	0,3465	0,4581
	C.V.	29,645	30,898	30,856	28,715	25,227	31,517
$\Delta P/Tdm$	$\bar{x}$	0,514	0,834	0,768	0,511	0,699	0,612
	Ex	0,24-0,80	0,34-1,67		0,26-0,96	0,15-1,10	
	S ²	0,0463	0,1335	0,1311	0,0336	0,0364	0,0434
	C.V.	41,858	43,808	47,120	35,909	27,297	34,041
$\frac{\Delta P/Pd \cdot 100}{Tdm}$	$\bar{x}$	0,914	1,202	1,143	0,826	1,015	0,928
	Ex	0,47-1,57	0,45-2,29		0,35-1,59	0,19-1,66	
	S ²	0,1724	0,2695	0,2584	0,1024	0,0724	0,0936
	C.V.	45,440	43,191	44,481	38,720	26,511	32,963
Tdm	$\bar{x}$	181,500	160,258	164,615	228,000	238,182	233,508
	Ex	132-216	72-216		96-372	72-348	
	S ²	1 499,1429	1 982,8645	1 917,0850	5 589,3333	3 052,0909	4 169,1541
	C.V.	21,333	27,786	26,598	32,790	23,195	27,652
TmC	$\bar{x}$	139,500	137,419	137,846	104,143	106,909	105,639
	Ex	84-252	72-264		72-144	72-204	
	S ²	3 165,4286	3 051,2516	2 992,7126	309,9048	1 461,2727	920,7344
	C.V.	40,331	40,197	39,686	16,904	35,756	28,724
TdC	$\bar{x}$	321,000	297,677	302,462	332,143	345,091	339,148
	Ex	224-384	216-456		204-504	228-456	
	S ²	1 100,5714	3 412,0258	2 987,4656	5 163,2381	3 393,2727	4 175,5279
	C.V.	10,335	19,623	18,071	21,634	16,880	19,053
TCA	$\bar{x}$	192,000	208,645	205,231	200,143	211,273	206,164
	Ex	144-216	168-264		168-264	168-288	
	S ²	534,8571	678,5032	680,5506	683,2381	872,4545	804,0394
	C.V.	12,045	12,484	12,956	13,060	13,981	14,358

TABLEAU 4

Influence de la « synthetic juvenile hormone » de Calbiochem (HJC) administrée en injection ou en ingestion à des larves de G. mellonella en début de dernier stade

		HJC Injection			HJC Ingestion		
		32 ♂	42 ♀	72 ♂ + ♀	31 ♂	32 ♀	63 ♂ + ♀
Pd	$\bar{x}$	58,438	67,762	63,730	59,484	63,469	61,508
	Ex	50-80	50-85		50-84	50-85	
	S ²	57,4798	94,2834	98,9944	83,9247	84,7087	86,9959
	C.V.	12,974	14,330	15,612	15,401	14,501	15,164
Pm	$\bar{x}$	113,750	137,333	127,135	148,871	203,594	176,667
	Ex	65-157	88-207		90-203	100-287	
	S ²	510,8387	804,2276	806,9952	884,3161	2 037,6684	2 207,2581
	C.V.	19,870	20,650	22,344	19,975	22,172	26,593
ΔP	$\bar{x}$	55,375	70,048	63,703	89,387	140,125	115,159
	Ex	15-93	33-144		34-146	45-202	
	S ²	456,5000	685,6562	632,5131	773,2452	1 586,1774	1 821,0389
	C.V.	38,584	37,382	39,480	31,109	28,422	37,056
$\Delta P/Pd$	$\bar{x}$	0,963	1,060	1,018	1,526	2,210	1,873
	Ex	0,30-1,86	0,47-2,44		0,61-2,56	0,82-3,48	
	S ²	0,1702	0,1926	0,1828	0,2586	0,3655	0,465
	C.V.	42,825	41,387	41,982	33,321	27,361	34,862
$\Delta P/Tdm$	$\bar{x}$	0,326	0,388	0,361	0,564	0,810	0,689
	Ex	0,09-0,71	0,15-0,92		0,20-1,01	0,21-1,23	
	S ²	0,0278	0,0251	0,0269	0,0438	0,0586	0,0659
	C.V.	51,169	40,823	45,374	37,096	29,877	37,254
$\frac{\Delta P/Pd \cdot 100}{Tdm}$	$\bar{x}$	0,569	0,581	0,576	0,935	1,275	1,108
	Ex	0,14-1,36	0,25-1,56		0,30-1,80	0,40-1,90	
	S ²	0,1098	0,0686	0,0852	0,1350	0,0787	0,1756
	C.V.	58,263	45,076	50,698	39,280	27,532	35,676
Tdm	$\bar{x}$	183,000	185,143	184,216	164,516	175,875	170,286
	Ex	120-264	120-336		120-240	132-228	
	S ²	1 681,5484	1 174,0767	1 374,6375	1 173,0581	767,4677	984,1106
	C.V.	22,408	18,507	20,126	20,819	15,752	18,422
TmC	$\bar{x}$	89,625	96,286	93,405	112,645	115,125	113,905
	Ex	60-168	60-216		72-204	72-288	
	S ²	640,8871	719,9164	687,5320	1 321,7032	2 302,6935	1 792,4424
	C.V.	28,246	27,866	28,072	32,274	41,682	37,169
TdC	$\bar{x}$	272,625	281,429	277,622	277,161	291,000	284,190
	Ex	192-408	228-408		192-432	204-444	
	S ²	2 371,2097	1 350,1045	1 784,5124	3 507,4065	3 363,0968	3 427,3180
	C.V.	17,862	13,056	15,216	21,368	19,929	20,600
TCA	$\bar{x}$	209,250	214,286	212,108	207,871	206,250	207,048
	Ex	168-240	192-288		168-288	192-240	
	S ²	538,2581	516,7944	525,1388	1 078,9161	282,7742	664,1104
	C.V.	11,087	10,609	10,804	15,802	8,153	12,447

TABLEAU 5

*Influence du Farnesyl-méthyl-éther (FME)
administré en injection ou en ingestion à des larves de G. mellonella en début de dernier stade*

		FME Injection			FME Ingestion		
		31 ♂	34 ♀	65 ♂ + ♀	31 ♂	36 ♀	67 ♂ + ♀
Pd	$\bar{x}$	66,194	66,971	66,600	62,000	68,111	65,284
	Ex	50-83	50-85		50-77	52-84	
	S ²	99,4946	96,5749	96,5875	53,6667	95,6445	84,5396
	C.V.	15,069	14,674	14,757	11,816	14,359	14,084
Pm	$\bar{x}$	123,161	168,176	146,708	134,871	179,028	158,597
	Ex	75-175	92-249		87-179	132-228	
	S ²	640,2731	1 276,5134	1 471,7413	496,7161	832,3706	1 159,2745
	C.V.	20,545	21,245	26,149	16,525	16,115	21,468
ΔP	$\bar{x}$	56,968	101,206	80,108	72,871	110,917	93,313
	Ex	11-113	26-168		33-111	57-165	
	S ²	496,6989	1 345,3806	1 422,3788	414,9161	987,5643	1 077,6124
	C.V.	39,122	36,242	47,079	27,953	28,332	35,179
ΔP/Pd	$\bar{x}$	0,920	1,561	1,255	1,193	1,687	1,459
	Ex	0,31-1,82	0,39-2,95		0,50-2,02	0,76-2,71	
	S ²	0,1261	0,4082	0,3737	0,1347	0,3645	0,3162
	C.V.	38,618	40,937	48,717	30,766	35,781	38,551
ΔP/Tdm	$\bar{x}$	0,392	0,619	0,511	0,540	0,694	0,623
	Ex	0,06-1,05	0,14-1,48		0,23-0,85	0,22-1,23	
	S ²	0,0348	0,0710	0,0660	0,0317	0,0419	0,0426
	C.V.	47,646	43,039	50,318	32,979	29,505	33,159
$\frac{\Delta P/Tdm \cdot 100}{Tdm}$	$\bar{x}$	0,623	0,943	0,790	0,884	1,041	0,968
	Ex	0,13-1,68	0,21-2,04		0,31-1,68	0,42-1,88	
	S ²	0,0856	0,1827	0,1603	0,1039	0,1390	0,1271
	C.V.	46,966	45,313	50,653	36,477	35,828	36,839
Tdm	$\bar{x}$	152,903	170,118	161,600	139,742	166,333	154,030
	Ex	72-228	72-216		96-216	96-288	
	S ²	1 497,2903	999,0160	1 393,1500	830,865	2 354,6286	1 804,7870
	C.V.	25,307	18,580	23,097	20,627	29,173	27,581
TmC	$\bar{x}$	94,452	92,118	93,231	102,968	99,333	101,015
	Ex	72-156	60-240		72-168	72-168	
	S ²	515,9226	1 568,4706	1 051,9615	545,0323	893,7143	725,0149
	C.V.	24,048	42,993	34,789	22,673	30,096	26,656
TdC	$\bar{x}$	247,355	262,235	255,138	242,710	265,667	255,045
	Ex	168-336	216-456		168-312	168-432	
	S ²	1 734,5032	2 008,4278	1 904,7462	1 533,2129	4 889,0286	3 422,5889
	C.V.	16,837	17,090	17,106	16,133	26,319	22,938
TCA	$\bar{x}$	202,065	208,941	205,662	204,387	211,333	208,119
	Ex	168-240	144-240		168-240	168-288	
	S ²	327,3290	402,4813	372,9462	916,6452	849,8286	879,5007
	C.V.	8,954	9,602	9,390	14,813	13,794	14,250

TABLEAU 6

*Influence du Farnesol
administré en injection ou en ingestion à des larves de G. mellonella en début de dernier stade*

		Farnesol injection			Farnesol ingestion		
		32 ♂	45 ♀	77 ♂ + ♀	33 ♂	38 ♀	71 ♂ + ♀
Pd	$\bar{x}$	55,375	61,600	59,013	64,152	66,658	65,493
	Ex	50-64	50-85		50-84	51-85	
	S	17,7258	76,1091	60,8288	107,0701	84,5555	95,2250
	C.V.	7,603	14,162	13,216	16,130	13,795	14,900
Pm	$\bar{x}$	112,781	147,000	132,779	128,364	161,237	145,958
	Ex	61-156	76-196		89-171	89-219	
	S	480,6925	656,9545	864,5427	410,1761	979,0505	977,6696
	C.V.	19,440	17,436	22,144	15,778	19,406	21,422
ΔP	$\bar{x}$	57,406	85,422	73,779	64,515	94,842	80,746
	Ex	7-100	23-137		28-120	38-136	
	S	477,5393	678,3403	780,6480	567,9451	747,7041	886,9062
	C.V.	38,067	30,490	37,870	36,940	28,831	36,882
$\Delta P/Pd$	$\bar{x}$	1,040	1,424	1,264	1,059	1,419	1,251
	Ex	0,13-1,79	0,43-2,39		0,32-2,35	0,53-2,39	
	S	0,1789	0,2641	0,2623	0,2719	0,1681	0,2458
	C.V.	40,691	36,081	40,505	49,256	28,902	39,624
$\Delta P/Tdm$	$\bar{x}$	0,394	0,541	0,480	0,518	0,650	0,589
	Ex	0,03-0,68	0,14-1,14		0,23-0,82	0,25-1,15	
	S	0,0253	0,0384	0,0379	0,0197	0,0529	0,0414
	C.V.	40,378	36,262	40,570	27,076	35,365	34,534
$\frac{\Delta P/Pd \cdot 100}{Tdm}$	$\bar{x}$	0,705	0,908	0,824	0,823	0,952	0,892
	Ex	0,06-1,21	0,25-1,93		0,26-1,53	0,33-1,51	
	S	0,0835	0,1302	0,1196	0,1006	0,0882	0,0968
	C.V.	41,000	39,733	41,984	38,530	31,189	34,872
Tdm	$\bar{x}$	149,625	161,867	156,779	122,182	150,947	137,577
	Ex	108-204	120-228		96-192	96-216	
	S	631,5968	501,5273	584,8585	526,0909	627,6188	781,0189
	C.V.	16,796	13,835	15,425	18,773	16,597	20,314
TmC	$\bar{x}$	86,625	85,600	86,026	85,818	81,474	83,493
	Ex	60-120	60-144		48-120	72-144	
	S	313,4032	239,5636	266,7888	325,0909	328,1479	326,8250
	C.V.	20,437	18,082	18,987	21,010	22,235	21,652
TdC	$\bar{x}$	236,250	247,467	242,805	208,000	232,421	221,070
	Ex	180-288	216-312		168-264	168-348	
	S	487,1613	499,3455	518,7642	879,0000	1 225,3314	1 199,9807
	C.V.	9,343	9,030	9,381	14,254	15,061	15,670
TCA	$\bar{x}$	201,000	209,067	205,714	189,091	211,579	201,127
	Ex	180-252	168-264		168-288	168-312	
	S	418,0645	448,2909	446,0752	531,2727	1 178,6287	993,4551
	C.V.	10,172	10,127	10,267	12,190	16,226	15,671

FME peuvent être létaux en injection. De plus, pour enregistrer une action sur la croissance pondérale il faut fournir aux larves des quantités très voisines de celles qui ont un effet mortel. Se trouve donc posée la question de la signification physiologique de ces composés (cf. Discussion) ;

— les doses retenues tiennent compte à la fois de l'efficacité par rapport aux mues surnuméraires et à la croissance pondérale et de la toxicité éventuelle.

4. — Cas des larves n'effectuant pas de mues surnuméraires

Les résultats sont regroupés dans les tableaux 3, 4, 5 et 6. Les comparaisons ont été effectuées, pour chaque sexe, entre les animaux injectés et ceux qui ont ingéré l'hormone, et entre les larves ayant reçu les différentes substances. De plus les valeurs ont été comparées à celles obtenues avec les témoins expérimentaux et, éventuellement, avec les témoins vrais. Les données concernant les mâles injectés à l'HJR ont été portées sur le tableau 3 à titre indicatif seulement en raison de leur faible nombre.

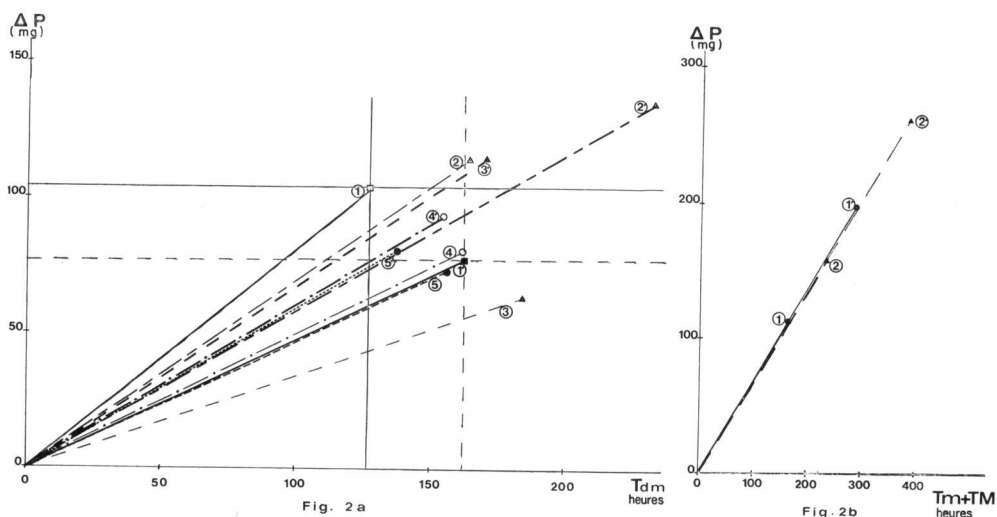


FIG. 2

2 a. — Augmentation de poids (ΔP) obtenue à la fin de la phase de croissance (Tdm). Il ne s'agit pas de courbes de croissance mais seulement de droites passant par l'origine (moment de la dernière mue larvaire) et le point correspondant à l'augmentation maximum du poids (fin de la phase de croissance). Les pentes des droites expriment cependant le taux de croissance ($\Delta P/Tdm$)

- | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1. Témoin | 2. HJR en injection | 3. HJC en injection |
| 1'. Témoins expérimentaux | 2'. HJR en ingestion | 3'. HJC en ingestion |
| 4. FME en injection | 5. Farnesol en injection | |
| 4'. FME en ingestion | 5'. Farnesol en ingestion | |

2 b. — Augmentation de poids (ΔP) obtenue à la fin de la phase de croissance (Tdm pour les larves n'effectuant pas de mue surnuméraire, Tm + TM pour les autres) pour les femelles ayant reçu de l'HJR

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. en injection sans mue surnuméraire | 2. en ingestion sans mue surnuméraire |
| 1'. — avec — — — — — | 2'. — avec — — — — — |

Afin de faciliter l'interprétation des résultats, nous avons :

— porté sur la figure 2 a les augmentations de poids (ΔP) en fonction de la durée de la phase de croissance (Tdm), mâles et femelles groupés. Il ne s'agit évidemment

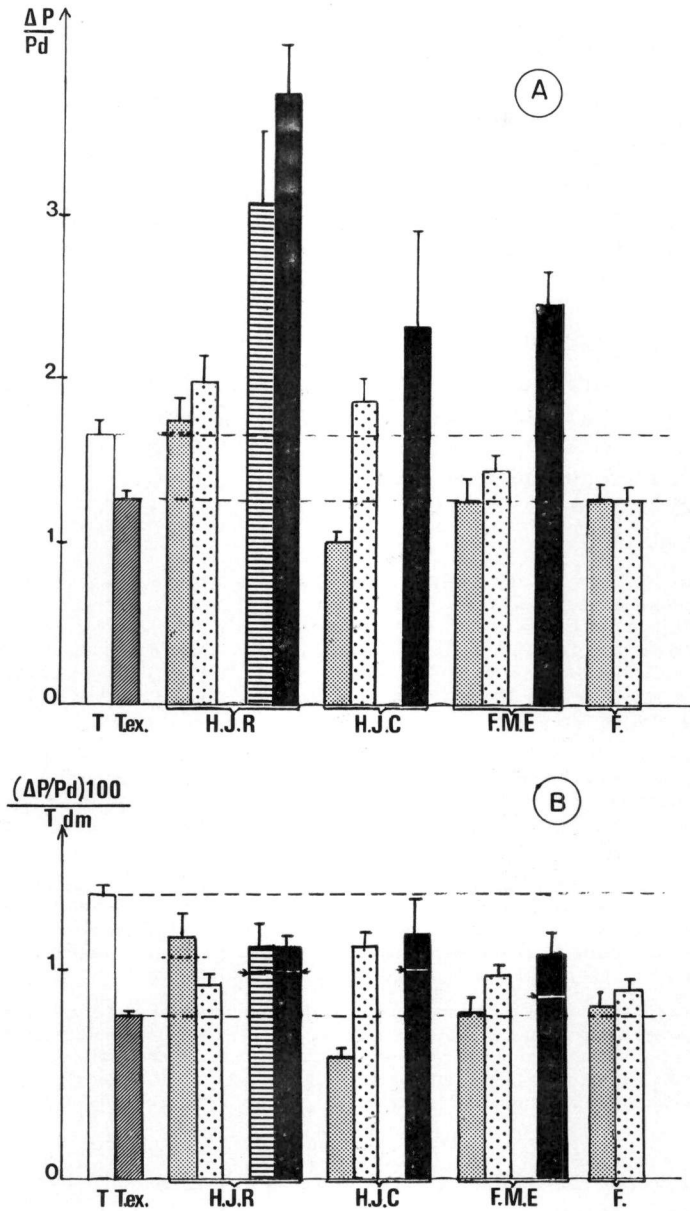


FIG. 3. — Influence de diverses substances juvénilisantes sur la croissance des larves de *G. mellonella* effectuant ou non une mue surnuméraire

T : témoins vrais ; Tex : témoins expérimentaux ; la ligne pointillée indique le niveau qui serait atteint dans le cas d'un effectif moyen de mâles (30 au lieu des 8 effectivement utilisés). a : coefficient de croissance ($\Delta P/Pd$) ; b : taux unitaire de croissance ($(\Delta P/Pd) 100/T_{dm}$). Dans le cas des larves présentant un stade surnuméraire, ce taux a été calculé en prenant comme dénominateur :

- la durée séparant la dernière mue normale du maximum de poids ($T_{LM} = T_L + T_M$, fig. 1 b) (flèche sur les histogrammes) ;
- la durée totale des phases de croissance ($T_m + T_M$, fig. 1 b) (limite supérieure des histogrammes).

Injection. Pas de mue surnuméraire : Surface grisée (points fins)

Ingestion. Pas de mue surnuméraire : Surface pointillée (gros points)

Injection. Mue surnuméraire : Surface hachurée (gros traits)

Ingestion. Mue surnuméraire : Surface foncée

pas de courbes de croissance mais seulement de droites destinées à visualiser la cinétique de la prise de poids totale en fonction du temps global de croissance. La pente de chaque droite est donc une approximation du taux de croissance ($\Delta P/T_{dm}$).

— représenté sur les figures 3 *a* et *b* respectivement les coefficients de croissance ($\Delta P/P_d$) et les taux unitaires de croissance ($(\Delta P/P_d) \cdot 100/T_{dm}$) correspondant à chacun des traitements étudiés, y compris lorsque l'administration de substance hormonale entraîne une mue surnuméraire (colonnes en noir ou en hachures horizontales) ; ces derniers cas seront analysés dans le chapitre 5 *b*.

a) *Comparaison en fonction du mode d'administration.*

La figure 3 *a* montre que le coefficient de croissance est plus élevé pour les larves ingérant l'hormone, sauf dans le cas du Farnesol où il existe peu de différence. Les taux unitaires de croissance (fig. 3 *b*) sont par contre beaucoup plus stables, excepté pour l'HJC en injection caractérisé par une valeur très faible.

L'étude de la figure 2 *a* et des tableaux 3 à 6 permet de préciser ces observations pour chaque substance.

— *HJR* (droites 2 et 2') : l'augmentation de poids est nettement plus forte par ingestion mais la phase de croissance est allongée ; le résultat est donc un taux de croissance peu différent mais plus faible pour les larves ingérant l'hormone ($p \simeq 0,05$) (la différence est en fait moins importante en raison de la faible proportion de mâles injectés). Remarquons à nouveau la tendance à la compensation entre les durées des phases de croissance (T_{dm}) et de décroissance (T_{mC}) pondérales avant la nymphose. Le dernier stade est malgré cela plus court chez les larves injectées ($p \simeq 0,001$ pour les femelles).

— *HJC* (3 et 3') : l'ingestion augmente très significativement ($p < 0,001$) la prise de poids par rapport à l'injection et, de plus, raccourcit la phase de croissance pondérale. Il en résulte un taux de croissance presque double. Là encore la durée de la phase T_{mC} varie de façon inverse de celle de la phase précédente, d'où une durée globale de développement semblable dans les deux cas ($0,30 < p < 0,50$).

— *FME* (4 et 4') : l'ingestion se traduit par une augmentation de poids supérieure et une diminution de la durée de la phase de croissance. On observe le même type de variation chez les mâles et les femelles mais l'amplitude en est fort différente. Les coefficients de croissance, taux de croissance et taux unitaire de croissance sont très significativement supérieurs pour les mâles ingérant le FME ($p < 0,001$) alors qu'ils ne le sont pas pour les femelles.

— *Farnesol* (5 et 5') : les poids au moment de la dernière mue sont différents mais nous avons signalé à propos des témoins que ceci était sans effet sur la valeur des coefficients de croissance, taux de croissance... Nous retrouvons ici des coefficients de croissance très voisins ($p < 0,50$) (fig. 3 *a*). Par contre l'injection se traduit par une augmentation de la durée de la phase de croissance rendant ainsi le taux de croissance différent ($p \simeq 0,001$ pour les mâles et $p \simeq 0,02$ pour les femelles).

b) *Comparaison avec les témoins expérimentaux* (ces derniers sont représentés par la droite 1' sur la figure 2 *a*).

Les figures 3 *a* et *b* montrent que seule l'HJC en injection a un effet défavorable tant sur le plan du coefficient de croissance que sur celui du taux unitaire, alors que le Farnesol et le FME en injection sont pratiquement sans effet.

Là encore, l'étude de la figure 2 *a* et des tableaux 3 à 6 permet de préciser les résultats pour chaque produit actif. (Les chiffres placés entre parenthèses se rapportent aux droites de la figure 2 *a*).

— *HJR*. Administrée par injection, elle entraîne une nette augmentation du poids maximum sans modifier pratiquement la durée de la phase de croissance (2). Il s'ensuit évidemment un taux de croissance très augmenté ($p < 0,001$). La phase prénymphale (T_{mC}) est par contre allongée et

la durée globale du dernier stade est supérieure. L'ingestion aboutit également à une élévation du taux de croissance moins intense, en raison de l'allongement considérable de la phase Tdm (2'), mais également significative ($p < 0,001$).

— *HJC*. L'injection se traduit par une augmentation de poids moins forte que chez les témoins et un allongement de la durée du stade (3), les deux phénomènes étant très sensibles chez les femelles, beaucoup moins chez les mâles. Le taux de croissance est par conséquent très diminué chez les femelles ($p < 0,001$) moins chez les mâles ($p \simeq 0,05$). La même remarque s'applique au taux unitaire de croissance (fig. 3 b).

L'ingestion au contraire entraîne un très net accroissement pondéral sans affectation importante de la durée de développement (seule la phase prénymphale est touchée). Il y a donc une très forte augmentation du taux de croissance ($p < 0,001$) (3').

— *FME*. L'administration par voie parentérale n'entraîne aucune action significative quel que soit le paramètre considéré (4). L'ingestion aboutit par contre à une augmentation du taux de croissance telle que $p < 0,001$ pour les deux sexes (4').

— *Farnesol*. Comme dans le cas précédent, l'injection n'entraîne aucun effet (5). Par voie orale au contraire, nous obtenons un raccourcissement de la phase de croissance, entraînant une augmentation du taux de croissance sensible surtout chez les mâles ($p < 0,01$) (5').

c) Comparaison avec les témoins vrais.

Nous nous bornerons à les envisager dans les cas où l'HJ (ou ses mimétiques) entraînent des modifications favorables importantes par rapport aux témoins expérimentaux. Les plus forts coefficients de croissance sont obtenus avec l'HJR et l'HJC par ingestion (fig. 3 a). Ils dépassent alors très significativement ceux des témoins ($p \simeq 0,01$ pour HJC et $p < 0,001$ pour HJR). Cependant l'allongement de la phase d'accroissement pondéral imputable aux conditions expérimentales (HJC) ou à ces mêmes conditions plus l'action de l'hormone (HJR) conduit à l'obtention de taux de croissance plus faibles que chez les témoins (fig. 2 a) ($p \simeq 0,01$ pour HJC et $p < 0,001$ pour HJR). Dans tous les autres cas les coefficients de croissance sont inférieurs à ceux des témoins vrais et les durées augmentées. Les taux de croissance sont donc très significativement diminués.

d) Conclusions.

— L'HJR est active à des doses beaucoup plus faibles que les trois autres substances.

— Du point de vue de la croissance pondérale (fig. 3 a), chaque composé étant utilisé à la dose optimale, nous pouvons les classer dans l'ordre suivant : HJR_o ⁽¹⁾ $\geq$ HJC_o $\geq$ HJR_i $\geq$ FME_o $>$ Fi $\simeq$ FME_i $\simeq$ Fo $>$ HJC_i. Seuls les trois premiers autorisent un coefficient de croissance supérieur ou égal à celui des témoins vrais ; le FME en ingestion se situe entre ces derniers et les témoins expérimentaux, les trois suivants sont pratiquement sans action. Seule l'HJC en injection a un effet néfaste.

— En ce qui concerne le taux unitaire de croissance (fig. 3 b) :

- il est toujours significativement inférieur à celui des témoins vrais ($0,02 < p < 0,05$ pour HJR_i, $p < 0,001$ dans tous les autres cas) ;
- il est supérieur à celui des témoins expérimentaux sauf pour le FME et le Farnesol en injection où aucune différence n'est décelable ($p > 0,30$ pour Fi et $p \simeq 0,90$ pour FME_i) et pour l'HJC en injection où il est très significativement inférieur ($p < 0,001$) ;

(1) o : voie orale ; i : injection ; $>$ significativement supérieur ($p < 0,05$) ; $\geq$ non significativement supérieur ($p > 0,05$).

- pour les autres substances l'ordre d'efficacité est le suivant :
 $HJRi \geq HJCo > FMEo \geq HJRo \geq Fo$.

— De façon générale, nous pouvons souligner la supériorité de la méthode d'administration orale, donnant de bien meilleurs résultats notamment pour les augmentations de poids (fig. 3 a).

— Nous retrouvons ici (fig. 3 a), comme dans le cas du tableau 2 relatif à la détermination des doses efficaces quant à l'obtention de mues surnuméraires :

- l'inefficacité totale du Farnesol et du FME par injection ainsi que l'efficacité très réduite du Farnesol en ingestion ;
- l'efficacité de l'HJR quel que soit le mode d'administration, celle du FME et de l'HJC en ingestion ;
- il existe cependant une grande différence à propos de l'HJC par voie parentérale : peu efficace mais tout de même capable d'induire des mues surnuméraires, elle se révèle néfaste sur le plan de la croissance pondérale ;
- quelques différences en fonction du sexe sont mises en évidence. Cependant si l'amplitude d'une variation n'est pas identique pour les mâles et les femelles, le sens de cette variation est toujours le même.

Dans l'évaluation de la croissance larvaire nous n'avons tenu compte que du poids maximum atteint par la larve et non de celui de la chrysalide. La question se pose cependant de savoir si le premier critère est fiable et s'il peut fournir une représentation correcte du second. C'est pourquoi nous avons considéré, en première approximation, le rapport poids de la chrysalide de 1 jour/Pm. Aucune différence significative n'a été observée chez les femelles, quel que soit le traitement administré. C'est ainsi que, par exemple, les valeurs relatives aux chenilles ayant reçu de l'HJR en injection et en ingestion sont respectivement 0,780 et 0,767, la valeur pour les témoins étant 0,775. Les résultats sont un peu plus dispersés chez les mâles mais les valeurs extrêmes (0,816 pour l'HJR en ingestion et 0,719 pour l'HJR en injection) sont à la limite de la signification ($p \simeq 0,05$). Elles ne sont par contre pas différentes de la valeur correspondant aux témoins (0,747).

Il semble donc que la transformation de la larve en chrysalide se déroule de façon équivalente dans tous les cas ; le critère « poids maximum » rend compte de manière satisfaisante du phénomène « croissance larvaire » jusqu'à la mue nymphale.

5. — Cas des larves effectuant une mue surnuméraire

a) Définition de la mue surnuméraire.

Nous avons indiqué précédemment (PLANTEVIN, 1975 a) qu'il existait plusieurs types de mues supplémentaires chez *G. mellonella* (redoublement, régression, compensation) et rapporté l'observation d'un cas de mue surnuméraire spontanée.

La mue surnuméraire intervient chez une larve présentant en début de stade toutes les caractéristiques d'une chenille de dernier stade (poids compris entre 50 et 85 mg, capsule céphalique de dimension normale (1,75 à 2,20 mm), aspect typique de la larve de dernier stade) et effectuant une croissance pondérale importante (30 mg au minimum).

La larve de stade surnuméraire se caractérise alors de la façon suivante :

- poids à la mue très élevé, pouvant atteindre plus de 200 mg ;

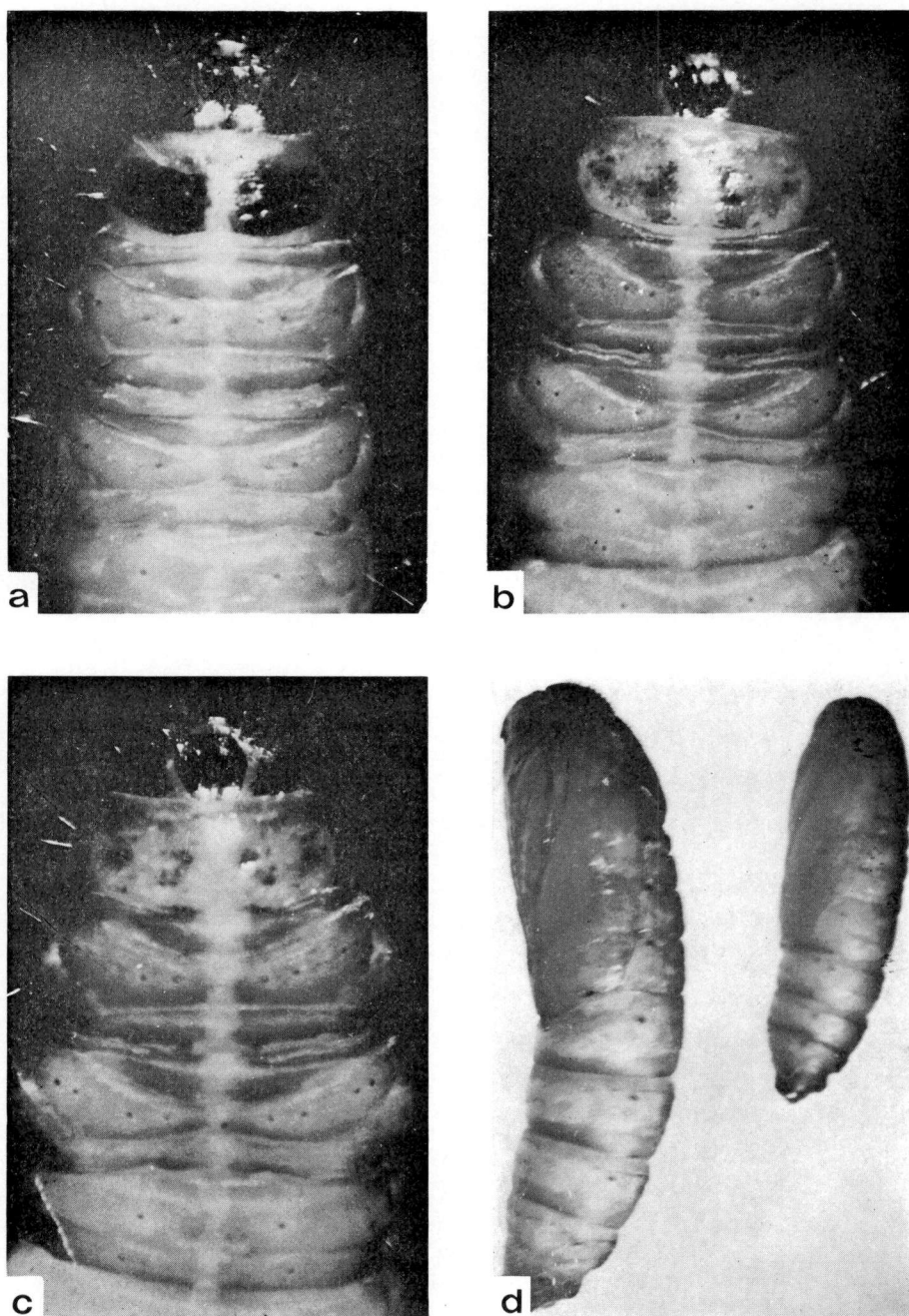


FIG. 4

- a : larve de *G. mellonella* de dernier stade normal
 b et c : larves surnuméraires : remarquer la pigmentation prothoracique
 d : chrysalide issue d'une larve ayant effectué plusieurs mues surnuméraires (poids maximum 598 mg), à côté d'une chrysalide issue d'une larve normale (poids maximum 220 mg).

- capsule céphalique plus large que chez une chenille « normale » (2,10 à 2,65 mm) ;
- pigmentation différente au niveau du prothorax qui, au lieu de présenter deux massifs de coloration sombre séparés par une étroite bande médiane, montre quatre massifs pigmentés plus ou moins éloignés ou partiellement confluent (cf. fig. 4 *a*, *b* et *c*) ;
- larve parfaitement viable qui, après une période de croissance de 6 à 10 jours filera son cocon avant de se nymphoser et d'aboutir à un adulte capable de se reproduire.

b) *Caractéristiques des larves.*

Nous ne pouvons évidemment pas fournir autant de détails que dans les cas de larves n'effectuant pas de mues surnuméraires. En effet, le nombre de larves effectuant de telles mues est en général peu élevé, parfois même très faible, voire nul, en fonction des mimétiques utilisés. De plus un grand nombre de ces chenilles ont été utilisées en cours de croissance ou de filage en vue d'une étude histologique (PLANTEVIN, 1975 *b*).

Les résultats sont consignés dans le tableau 7, mâles et femelles groupés, sauf dans le cas de l'HJR administrée par voie orale où le nombre est plus important (46 au total). Les valeurs du coefficient de croissance et du taux unitaire de croissance ont également été reportées sur les figures 3 *a* et *b* (représentation en hachures horizontales ou en noir).

L'observation de ces figures montre :

— Coefficient de croissance (fig. 3 *a*)

- il est toujours très significativement supérieur à celui des larves n'effectuant pas de mue surnuméraire, quels que soient l'agent responsable et le mode d'application ;
- l'HJR est incontestablement beaucoup plus active que les autres substances. Outre le fait qu'elle est la seule à autoriser un pourcentage important de mues surnuméraires par utilisation en injection, elle entraîne une croissance pondérale nettement plus importante ;
- même lorsqu'elle entraîne des mues surnuméraires, l'administration par voie parentérale est moins efficace : la croissance pondérale des larves est plus réduite que dans le cas d'ingestion de l'hormone.

— Taux unitaires de croissance (fig. 3 *b*)

- Ils peuvent être calculés en tenant compte de la durée séparant le moment du maximum de poids de la dernière mue larvaire (TLM) (flèches sur les histogrammes) ou de la somme des durées T_m et T_M des phases de croissance correspondant aux deux derniers stades larvaires : normal ou surnuméraire (limite supérieure des histogrammes) ;
- ils sont toujours compris entre les valeurs correspondant aux témoins expérimentaux et celles relatives aux témoins vrais ;
- ils sont très voisins dans tous les cas de mue surnuméraire et, de plus, proches de ceux obtenus pour les larves étudiées dans le chapitre 4 des résultats.

TABLEAU 7

*Caractéristiques des larves surnuméraires de G. mellonella
obtenues à la suite de l'administration de diverses substances juvénilisantes*

Pour chaque case, le nombre supérieur représente la moyenne $\bar{x}$ et l'inférieur la variance S^2 .
Pour les abréviations, se reporter à la figure 1 b

		HJR +		HJR ↓	HJC +	FME +
		28 ♀	46 ♂ + ♀	21 ♂ + ♀	9 ♂ + ♀	17 ♂ + ♀
Dernier stade « normal »	P	63,429 113,4392	60,891 107,5213	62,524 98,8619	61,778 83,9444	63,882 152,3603
	Pm	177,214 1 483,7302	162,152 1 538,7541	149,952 1 664,3476	161,000 1 158,0000	132,059 164,9338
	ΔPm	113,786 959,7302	101,261 1 101,4415	87,429 1 267,3570	99,222 1 355,4444	68,176 247,6544
	ΔPm/P	1,789 0,1562	1,662 0,2038	1,395 0,2562	1,667 0,4912	1,130 0,1608
	$\frac{(\Delta Pm/P) \cdot 100}{Tm}$	1,303 0,2468	1,239 0,1808	1,218 0,2065	1,533 0,3366	1,054 0,1774
	Tm	153,000 1 926,6667	143,217 1 679,3739	117,143 1 669,0286	114,667 1 552,0000	111,529 643,7650
Stade surnuméraire	Ps	164,000 1 191,9259	149,978 1 286,8662	135,250 1 223,7763	148,444 1 117,7778	120,941 157,0588
	PM	325,720 6 668,3767	288,390 7 245,8439	257,588 5 291,6324	199,833 573,3667	202,143 2 547,9780
	ΔPM = PM — Ps	162,920 3 949,0767	139,756 3 799,9390	122,765 2 875,1912	61,167 557,3667	82,929 2 737,6099
	ΔPM/Ps	1,033 0,1712	0,945 0,1598	0,959 0,2437	0,490 0,0752	0,716 0,2539
	$\frac{(\Delta PM/Ps) \cdot 100}{TM}$	0,477 0,0506	0,470 0,0468	0,558 0,0770	0,478 0,0709	0,534 0,0964
	TM	235,200 7 764,0000	215,122 7 778,8098	183,529 5 107,7650	108,000 1 324,8000	138,857 2 646,5934
Deux derniers stades larvaires	ΔP = PM — P	262,960 5 716,6233	228,220 6 417,3756	195,176 4 576,0294	138,333 814,2667	140,929 2 951,3022
	ΔP/P	4,207 0,9793	3,812 1,2529	3,140 0,9877	2,345 0,6387	2,505 0,1657
	$\frac{(\Delta P/P) \cdot 100}{TLM}$	1,033 0,0656	0,986 0,0737	0,983 0,2958	0,9922 0,0537	0,855 0,1477
	TLM	422,880 12 111,3600	402,600 10 766,4000	324,000 6 948,0000	240,000 4 147,2000	298,286 2 544,5275
	$\frac{(\Delta P/P) \cdot 100}{Tm + TM}$	1,147 0,0875	1,090 0,1028	1,097 0,1055	1,159 0,0816	1,057 0,2771
	Tm + TM	383,040 11 783,0400	360,000 10 264,6154	291,529 6 241,7647	208,000 4 070,4000	248,571 2 889,4950

L'étude du tableau 7 permet de préciser les points suivants.

— Stade « normal » (partie supérieure du tableau)

- les poids à la dernière mue larvaire ne sont différents ni entre les séries (HJR, HJC, ...) ni avec ceux des témoins vrais et des témoins expérimentaux ;
- les poids maxima sont élevés et souvent proches de ceux des témoins vrais (tabl. 1). La mue surnuméraire intervient donc bien au terme d'un stade correspondant au dernier stade larvaire normal ;
- les taux unitaires de croissance sont nettement supérieurs ($p < 0,001$) à celui des témoins expérimentaux, et, dans le cas de l'HJC à celui des témoins vrais.

— Stade supplémentaire (partie moyenne du tableau)

- les augmentations de poids sont encore très fortes notamment pour l'HJR. Nous sommes donc en présence d'un véritable stade larvaire surnuméraire ;
- le coefficient de croissance ($\Delta PM/PM$) le plus faible est obtenu avec l'HJC ; or il était maximum dans le cas du stade « normal ». Il y a donc une sorte de compensation ;
- les taux unitaires de croissance ne sont pas significativement différents les uns des autres.

— Ensemble des deux stades (partie inférieure du tableau)

- les coefficients de croissance, très élevés pour l'HJR (ingestion et injection) sont significativement supérieurs à ceux obtenus avec les autres substances ;
- si on rapporte la croissance à la durée, les chiffres obtenus ne sont pas significativement différents les uns des autres ($p = 0,90$ pour l'HJR en injection et en ingestion et l'HJC ; $0,30 < p < 0,50$ pour le FME) que le taux soit calculé à partir de la durée totale (TLM) ou de la somme des phases de croissance ($T_m + TM$).

Tout se passe donc comme si le taux unitaire de croissance restait sensiblement identique, c'est-à-dire comme si la vitesse de croissance était constante ; seule la durée de la phase de croissance varie, conduisant ainsi à des animaux plus ou moins lourds. Dans le cas du FME cette vitesse de croissance est un peu plus faible mais la différence n'est pas significative ($0,10 < p < 0,20$).

Cette remarque est renforcée par la comparaison des taux unitaires de croissance entre les larves effectuant un stade surnuméraire et celles qui n'en ont pas, respectivement pour chaque substance : aucune différence significative n'est observable. La vitesse de croissance est donc relativement constante, que la larve présente ou non une mue surnuméraire.

La figure 2 *b* qui représente les augmentations de poids en fonction des durées des phases de croissance, pour les larves ♀ ayant reçu de l'HJR en injection (droites 1 et 1') et en ingestion (2 et 2') et ayant effectué (1' et 2') ou non (1 et 2) une mue surnuméraire, en est une excellente illustration : les pentes des droites sont pratiquement identiques.

De plus, la vitesse de croissance est sensiblement constante quels que soient la substance et le mode d'administration, à condition toutefois que le composé ainsi appliqué soit efficace.

Il convient enfin de souligner que la durée de la phase nymphale n'est absolument pas modifiée par rapport à celle des témoins.

Par contre, en dépit du faible nombre de valeurs dont nous disposons, il semble que le rapport Poids de la chrysalide/PM soit considérablement augmenté par rapport aux témoins (0,910 pour les femelles et 0,927 pour les mâles au lieu de 0,775 et 0,747 respectivement pour les témoins). Les chrysalides issues de larves ayant effectué une mue surnuméraire sont donc proportionnellement plus lourdes que celles qui résultent de la nymphose de larves normales. Les femelles adultes sont cependant moins fertiles.

c) *Conclusions.*

- L'HJR entraîne des croissances pondérales nettement supérieures à celles qui sont obtenues avec les autres mimétiques de l'HJ ;
- la méthode d'administration par voie orale autorise des croissances plus importantes que la méthode d'injection ;
- la vitesse de croissance est constante quel que soit le composé utilisé, s'il est actif ;
- cette vitesse de croissance est supérieure à celle des témoins expérimentaux mais inférieure à celle des témoins vrais.

6. — *Autres cas*a) *Administration tardive.*

En recherchant le moment optimum d'administration de l'HJ (cf. Détermination de l'âge d'application) nous avons obtenu dans un certain nombre de cas des intermédiaires larve-chrysalide. Une excellente étude ayant été faite dès 1942 par PIEPHO, nous ne reviendrons pas en détail sur la classification de ces intermédiaires. Rappelons seulement que cet auteur distingue 6 classes, parmi les animaux ayant mué à la suite d'implantation de corpora allata.

- Classe 1. Chrysalides avec uniquement une plage de cuticule larvaire entre les bords de la plaie consécutive à l'implantation.
- Classe 2. Présence de cuticule larvaire non seulement au lieu d'implantation mais aussi en d'autres endroits du corps.
- Classe 3. Les zones qui réagissent à l'implantation sont plus grandes ; les pièces buccales se distinguent de celles des chrysalides ; les ébauches alaires ont un développement réduit mais font nettement saillie.
- Classe 4. Forme ressemblant beaucoup à une chenille ; presque tout l'hypoderme est de type larvaire ; les pièces buccales sont intermédiaires et les bourgeons alaires très peu développés. Les antennes sont encore proches de celles des pupes.
- Classe 5. L'animal a tout à fait l'allure d'une larve mais les antennes ont encore quelques signes pupaires.
- Classe 6. On obtient une mue larvaire typique.

En ce qui nous concerne, il convient de signaler que :

— les intermédiaires ont été observés après injection d'HJ à des larves du dernier stade âgées de 84 h au moins et de 132 h au plus ;

— nous avons obtenu des animaux des six classes décrites par PIEPHO (1942) mais ceux des classes 1 et 2 ont été considérés comme des pupes normales et ceux de la classe 5 comme des larves surnuméraires typiques (classe 6) ;

— plus l'âge est avancé lors de l'injection, plus la forme obtenue après la mue est proche du type nymphal ;

— les intermédiaires des classes 1 et 2 muent ensuite en adultes normaux et féconds. Ceux des classes 3 et 4 ne peuvent se nourrir en raison des modifications des pièces buccales ; leur poids diminue et ils finissent par mourir après un temps plus ou moins long (5 à 30 jours). Les formes 5 et 6, sauf exception, muent à nouveau pour donner chrysalide puis papillon. Dans quelques cas ces larves peuvent accomplir une nouvelle mue surnuméraire typique et très rarement intermédiaire : leur évolution future est alors comparable à celle des animaux des stades correspondants.

— La figure 5 montre un certain nombre de ces stades.

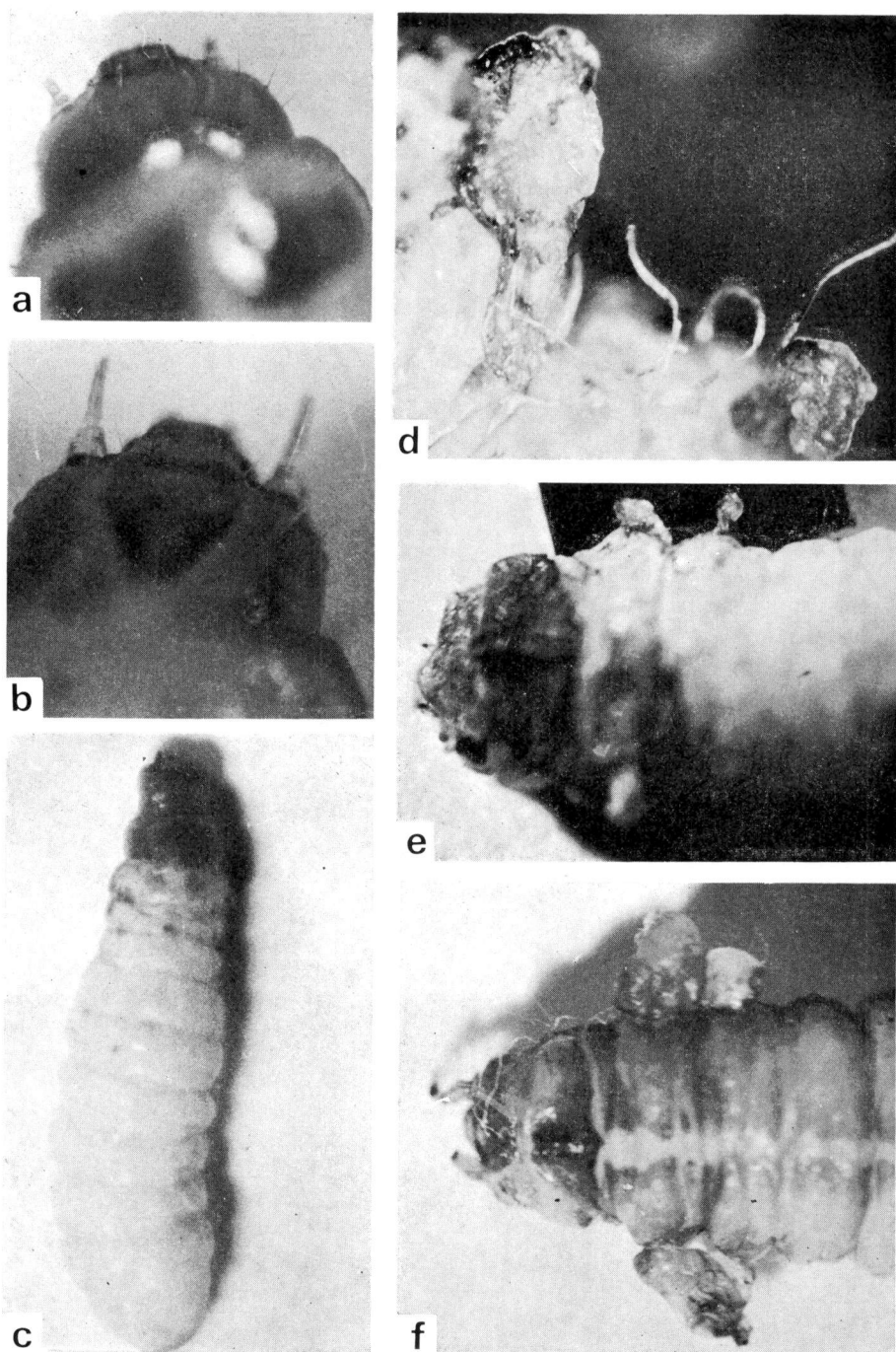


FIG. 5. — Différents types d'intermédiaires larve-chrysalide chez *G. mellonella*

- a : larve 5^e stade normal
- b : intermédiaire de la classe 5 : remarquer la longueur des antennes
- c : intermédiaire de la classe 4 : les ébauches alaires sont à peine visibles
- d, e, f : intermédiaires de la classe 3 : noter les ébauches alaires, la carène prothoracique (e et f) les antennes (f).

b) *Administration très tardive.*

En injectant aux larves de *G. mellonella* de petites quantités d'HJR (de l'ordre de 0,1 µg/larve) tardivement, en cours ou après la fin du filage du cocon, nous avons obtenu des chrysalides morphologiquement normales en tous points. Nous montrons par ailleurs (PLANTEVIN, 1975 b) qu'il n'en est pas de même au niveau intestinal. Cependant si les injections sont effectuées avant la fin du filage la durée de la phase prénymphale peut être allongée.

c) *Administrations itératives.*

Nous avons donné à des larves plusieurs doses successives d'hormone, par ingestion ou par injection. Nous constatons que :

— le fait de donner une dose supplémentaire (0,5 ou 1 µg d'HJ) avant la mue surnuméraire conduit en général à l'allongement de la période antérieure à cette mue (9 à 12 jours au lieu de 6 à 9) et rarement à l'obtention d'une deuxième mue supplémentaire ;

— l'administration de deux doses supplémentaires avant la mue surnuméraire produit parfois un allongement de la période préecdysiale (10 à 15 jours) et souvent l'obtention de deux mues surnuméraires ;

— la fourniture d'HJ au début du stade surnuméraire se traduit le plus souvent par un nouveau stade surnuméraire ;

— il est possible de poursuivre cette administration d'HJ et nous avons obtenu jusqu'à 4 mues surnuméraires chez une larve qui atteignait en fin de croissance 598 mg (la figure 4 d montre la chrysalide issue de cette larve à côté d'une chrysalide issue d'une chenille dont le poids maximum était 220 mg).

d) *Administrations « secondaires ».*

Des larves de dernier stade ont été élevées dans des boîtes de Pétri ayant préalablement servi à des chenilles qui avaient reçu de l'HJR par injection ou ingestion, sans que ces récipients aient été vidés. Nous avons obtenu ainsi un certain nombre de cas de mues surnuméraires absolument typiques. Si l'HJR a été fournie en injection on peut à la rigueur admettre qu'une partie de l'hormone est rejetée au niveau de la blessure et s'est ainsi trouvée disponible pour la larve suivante ; cependant nous avons signalé qu'une bonne anesthésie supprimait pratiquement tout risque de ce genre. Dans le cas où l'HJR a été donnée en ingestion elle a été entièrement absorbée avec le fragment de cire initial. Tout au plus a-t-il pu subsister quelques traces d'HJR sur les parois de la boîte mais étant donné la faible dose de départ (0,1 µg dans certains cas) il est impossible d'expliquer ainsi une mue surnuméraire. Il faut donc admettre qu'une partie importante de l'HJR se trouve rejetée sous forme active soit après simple transit dans le tube digestif, soit après absorption suivie d'excrétion. Cette seconde possibilité existe seule dans le cas de l'injection à la première larve. Les nouvelles larves ont alors pu absorber une partie des excréta des précédentes (la coprophagie est bien connue chez *G. mellonella* surtout si la quantité d'aliments frais est limitée).

DISCUSSION

Dès 1934, WIGGLESWORTH montrait par des expériences de décapitation associées à des parabioses que des larves de *Rhodnius prolixus* de dernier stade pouvaient subir une mue supplémentaire. Des décapitations partielles et des implantations réalisées par ce même auteur permettaient de conclure à l'intervention endocrine des corpora allata. En 1938, BOUHNOL réalisait l'ablation élective de ces glandes sur la larve de *Bombyx mori* et confirmait leur rôle dans le maintien des caractères larvaires lors des mues. PIEPHO (1938) arrivait à la même conclusion chez *G. mellonella*. Depuis, de nombreux auteurs effectuant des expériences d'ablation et de greffes ont retrouvé cette même intervention des corpora allata dans tous les ordres d'insectes (JOLY, 1968). L'une des manifestations les plus évidentes de l'activité des corpora allata, reposant sur les bases les plus solidement établies, est donc le maintien des caractères larvaires lors des mues, qu'elles soient normales ou supplémentaires, d'où le nom d'hormone juvénile rapidement adopté pour la substance synthétisée par ces glandes.

L'extrême diversité des composés mimétiques de l'HJ isolés ou synthétisés, d'une part, et la purification progressive de l'hormone d'autre part, ont permis d'aborder l'étude du rôle des corpora allata par des voies nouvelles. L'administration de ces substances peut en effet être réalisée très facilement et modulée au gré de l'expérimentateur. Il devient alors possible de comparer l'action des différents produits actifs testés en fonction :

- de leur nature,
- de l'âge des animaux utilisés et des critères d'efficacité retenus,
- du mode d'application.

La discussion de chacun de ces points nous permettra à la fois de situer notre travail au sein d'un ensemble bibliographique particulièrement riche et disparate, et de mettre en évidence les apports originaux de notre expérimentation.

1. — *Les différentes substances testées*a) *Le Farnesol.*

Le premier composé présentant une action « juvénilisante » a été extrait des excreta de *Tenebrio molitor* (SCHMIALEK, 1961) et identifié comme étant le Farnesol. Il est assez actif chez de nombreux insectes, notamment les Hétéroptères : *R. prolixus* (WIGGLESWORTH, 1969), *Pyrrhocoris apterus* (ROMANUK *et al.*, 1967) mais beaucoup moins chez *T. molitor* et pas du tout chez *G. mellonella* (RÖLLER, DAHM, 1968 ; JAROLIM *et al.*, 1969). Nous confirmons cette inefficacité chez cet insecte, que le Farnesol soit fourni en injection ou par ingestion, et quelle que soit la dose utilisée. Il ne semble donc pas qu'il puisse constituer un précurseur dans la synthèse de l'HJ comme cette éventualité a été proposée chez *T. molitor* (SIDALL, 1970 ; WYATT, 1971). De plus il se révèle toxique si de hautes doses sont mises en circulation dans l'hémolymphe.

b) *Le Farnesyl-méthyl-éther (FME).*

Il présente, chez certaines espèces, une activité nettement supérieure à celle du Farnesol : 6,9 µg/g au lieu de 2 300 µg/g par application topique chez *R. prolixus* pour

obtenir l'effet maximum (WIGGLESWORTH, 1969). Cet insecte se distingue toutefois par sa sensibilité particulière. Le FME est encore très efficace chez *P. apterus*, *T. molitor*... RÖLLER et DAHM (1968) rapportent cependant l'inactivité de cette substance en injection chez *G. mellonella*. Nous observons le même phénomène. Par contre le FME est actif par voie orale, tant du point de vue de la croissance pondérale que de l'obtention des mues surnuméraires. Mais il faut utiliser des doses considérables (supérieures à 1 000 µg/larve) létales en injection, mais dont l'innocuité est totale en ingestion. Il n'est pas impossible que le FME puisse être utilisé comme précurseur, soit sans transformation mais il doit être délivré progressivement (ingestion), soit après modification de structure consécutive à l'absorption.

c) *L'hormone juvénile Calbiochem (HJC).*

Elle a été synthétisée initialement par LAW *et al.* (1966) et correspond à un mélange de plusieurs composés, six au moins selon BERKOFF (1969), plus de vingt d'après TROST (1972). ROMANUK *et al.* (1967) ont isolé et identifié une des substances actives, le méthyl 7,11-dichloro-7, 11-diméthyl-dodéca-2-énoate (ou méthyl farnesoate dihydrochloride). BERKOFF (1970) émet les plus expresses réserves quant à la dénomination « synthetic juvenile hormone » ou « juvenile hormone, synthetic » sous laquelle elle est commercialisée.

L'HJC est douée d'une grande activité vis-à-vis de nombreux insectes, par exemple *P. apterus* (ROMANUK *et al.*, 1967), *Oncopeltus fasciatus* (WILLIS et LAWRENCE 1970), *Dysdercus fasciatus* (CRITCHLEY et CAMPION, 1971 a), *T. molitor* (CRITCHLEY et CAMPION, 1971 b), *Hyalophora cecropia* (RIDDIFORD, 1972). Sauf exception (*R. prolixus*, WIGGLESWORTH (1969) par exemple) elle est nettement plus active que le FME (10⁴ fois pour *P. apterus*) et que le Farnesol (10⁵ fois plus chez le même insecte).

L'HJC est active chez *G. mellonella* mais surtout si elle est fournie par voie orale : elle permet alors de fortes croissances pondérales et autorise l'obtention de mues surnuméraires dans 29 p. 100 des cas. Mais les doses nécessaires restent considérables : 750 µg/larve. L'action de ce mimétique en injection est plus complexe : sans être toxique comme le Farnesol ou le FME, il n'entraîne qu'une croissance limitée des animaux tout en permettant l'obtention de quelques mues surnuméraires (8 p. 100 des cas), RÖLLER et DAHM (1968) observent aussi des mues surnuméraires et des intermédiaires larve-chrysalide, tant chez *G. mellonella* que chez *Antheraea polyphemus* avec des doses 100 à 5 000 fois supérieures à celles d'HJR. L'HJC doit donc pouvoir servir de précurseur de l'HJ mais le « rendement » de transformation est sans doute très faible, à moins que cette substance ne soit excrétée ou métabolisée très rapidement, atteignant ainsi un niveau très faible lorsqu'elle serait susceptible d'être utilisée.

d) *L'hormone juvénile de RÖLLER (HJR).*

Les premiers travaux relatifs à l'HJR sont ceux de WILLIAMS (1956) décrivant une méthode de préparation d'extraits présentant une forte activité juvénilisante, à partir d'abdomens d'adultes mâles de *H. cecropia*. Plusieurs auteurs se sont ensuite attachés à poursuivre la purification de ces extraits : GILBERT et SCHNEIDERMAN (1961), KARLSON et NACHTIGALL (1961), WILLIAMS et LAW (1965) ou à développer les méthodes d'essais biologiques : GILBERT et SCHNEIDERMAN (1960). Mais ce sont

RÖLLER et ses collaborateurs qui devaient apporter les résultats les plus intéressants en réalisant d'abord la purification de l'HJ à partir des extraits d'abdomen de *H. cecropia* : RÖLLER et BJERKE (1965), RÖLLER, BJERKE et McSHAN (1965), RÖLLER *et al.* (1969) puis la détermination de la structure de l'HJ : RÖLLER *et al.* (1967), DAHM *et al.* (1968). Ces mêmes auteurs décrivent en 1967 une voie de synthèse du méthyl *trans, trans, cis*-10-époxy-7-éthyl-3, 11-diméthyl-2,6-tridéca-diénoate. RÖLLER et DAHM (1968) attirent l'attention sur l'importance de la configuration spatiale des isomères de l'HJ, le *trans trans cis* étant le plus actif. Ils apportent ensuite (1970) la preuve de l'identité du composé synthétisé avec celui qui est élaboré par les corpora allata. Il paraît donc bien assuré que la substance que nous avons utilisée sous le vocable d'HJR correspond à l'hormone juvénile effectivement synthétisée par *H. cecropia*.

La question reste posée de savoir si elle est identique à l'hormone naturelle de *G. mellonella*. Nous pouvons remarquer que l'HJR est particulièrement active sur cet insecte, qui, avec *T. molitor*, a servi de matériel biologique pour tester les produits successivement obtenus lors de la purification des extraits de *H. cecropia* : RÖLLER, BJERKE (1965), RÖLLER *et al.* (1969). Ces derniers auteurs obtiennent 10 p. 100 de larves effectuant une mue surnuméraire après injection de 0,4 µg d'HJR à des larves âgées de moins de 48 heures après la dernière mue, et 30 à 40 p. 100 de mues surnuméraires si les larves reçoivent une deuxième injection de 0,4 µg deux jours après la première. Nous obtenons personnellement 42 p. 100 de mues surnuméraires pour une injection unique de 2 µg. Compte tenu de l'effet des injections répétées (cf. paragraphe 2 a de la discussion) ces résultats sont tout à fait comparables. SEHNAL et MEYER (1968) obtiennent une larve surnuméraire pour huit animaux de moins de 72 heures à la suite de l'injection de 0,3 µg environ d'HJR. Deux injections de 0,3 µg chacune à 48 heures d'intervalle sur quatre larves permettent l'obtention de trois larves surnuméraires. En dépit de la faiblesse du nombre d'insectes utilisés, les résultats sont grossièrement comparables. Mais si l'HJR est administrée par voie orale, nous obtenons 78 p. 100 de mues surnuméraires pour une dose unique de 0,25 µg. Avec 0,1 µg nous obtenons déjà plus de 30 p. 100 de telles mues, soit autant qu'avec des doses dix à vingt fois supérieures en injection.

L'HJR a été essayée sur un grand nombre d'insectes appartenant à différents ordres. Elle s'est toujours montrée très efficace, et, sauf exception, la plus active de toutes les substances testées. Citons par exemple les travaux de SRIVASTAVA et GILBERT (1969) sur *Sarcophaga bullata*, WIGGLESWORTH (1969) sur *R. prolixus*, AKAI et KOBAYASHI (1971) sur *Bombyx mori*, SCHWIETER-PEYER (1973) sur *Blatella germanica*, *D. fasciatus* et *Sitophilus granarius*.

Lorsque la structure de l'HJ naturelle a été déterminée, elle est toujours très voisine de celle de l'HJR, notamment chez les Lépidoptères *Hyalophora gloveri* (DAHM et RÖLLER, 1970), *Manduca sexta* (JUDY *et al.*, 1973 a, MEYER *et al.*, 1968). De même un deuxième composé actif isolé à partir de *H. cecropia* et responsable de 13 à 20 p. 100 de l'activité endocrine (MEYER, 1971) ne se distingue de l'HJR que par la substitution d'un radical éthyle par un radical méthyle. Ce même composé a été démontré pour la première fois chez un insecte n'appartenant pas à l'ordre des Lépidoptères (*Schistocerca vaga*) par JUDY *et al.* (1973 b). Il y a donc tout lieu de penser que l'HJR est un composé très voisin de l'hormone élaborée par les corpora allata

de *G. mellonella*, si elle n'est pas identique à cette dernière. Il n'y a, en tout cas, aucune commune mesure entre les quantités d'HJR et celles des autres substances testées nécessaires à l'obtention de mues surnuméraires.

2. — L'âge des animaux et les critères d'efficacité

On sait depuis les travaux de PIEPHO (1938 et 1940) que des implantations de complexes corpora allata plus cerveau chez *G. mellonella* se traduisent par des effets très différents selon l'âge de l'animal récepteur : il est en effet possible d'obtenir des larves de stade surnuméraire, des intermédiaires larve-chrysalide et d'observer un certain nombre de modifications de diverses caractéristiques des larves.

a) Les mues surnuméraires.

Nous les avons obtenues en fournissant l'HJR entre 36 h avant la dernière mue larvaire et 72 h après cette mue. RÖLLER et DAHM (1968), RÖLLER *et al.* (1969) obtiennent également des mues surnuméraires par injection d'hormone à des larves âgées de 0 à 48 heures après la mue. SEHNAL et MEYER (1968) notent par contre l'inefficacité des injections réalisées avant le troisième jour. Deux explications peuvent être avancées :

- le nombre très réduit d'expériences ; nous avons déjà souligné le fait que l'HJR appliquée en injection n'entraîne la mue surnuméraire que chez 10 p. 100 des larves (RÖLLER et DAHM, 1968) ou 40 p. 100 dans les meilleures conditions (cf. tabl. 2) ;

- les doses utilisées (0,3 μ g environ) sont plus faibles que dans notre cas. Si la première injection effectuée le deuxième jour est suivie d'une autre 48 heures plus tard trois larves sur quatre traitées subissent une nouvelle mue. Or une injection unique le quatrième jour ne donne jamais de larve surnuméraire. Il faut donc en conclure que l'HJ injectée le deuxième jour n'était pas inefficace mais seulement en quantité insuffisante. SEHNAL et MEYER (1968) pensent que l'HJ doit être présente en quantité suffisante au troisième jour, moment qu'ils considèrent comme étant le début de la période des processus de la transformation larve-chrysalide. Ceci ne semble pas prouvé de façon irréfutable car nous avons vu que l'injection d'une dose unique de 1 μ g 36 heures avant la dernière mue larvaire suffit à induire une mue surnuméraire. Compte tenu de ce que l'on sait de la vitesse de dégradation ou d'excrétion de l'HJ (cf. paragraphe suivant) il paraît peu probable qu'il reste suffisamment d'hormone au troisième jour. Nous pensons que la période de détermination est plus précoce et doit commencer très tôt après la mue. D'ailleurs RÖLLER *et al.* (1969) obtiennent des mues surnuméraires avec des doses de 0,5 μ g d'HJ pour des animaux de moins de 48 heures.

Il convient encore de remarquer que l'HJ intrinsèque intervient sans doute assez peu dans ce mécanisme d'obtention des mues surnuméraires car ni SEHNAL et MEYER (1968), ni RÖLLER *et al.* (1969) n'observent de différences dans les résultats, que l'HJ soit injectée à des animaux allatectomisés ou non.

Nous avons souligné précédemment (PLANTEVIN, 1975 a) la plasticité exceptionnelle de *G. mellonella* quant au nombre de ses mues larvaires. Cependant des mues surnuméraires ont été décrites chez d'autres Lépidoptères : *B. mori* (AKAI *et al.*, 1973)

Choristoneura fumiferana (RETNAKARAN, 1973). De même OHTAKI *et al.* (1971) ont obtenu des larves de cinquième stade après injection d'HJ à des *B. mori* allatectomisés 24 heures après la troisième mue. Les mues surnuméraires sont tout de même beaucoup moins fréquentes chez les Holométaboles que chez les Hétérométaboles. Chez ces derniers, les Hétéroptères se distinguent par leur aptitude particulière à donner des mues supplémentaires.

b) *Les intermédiaires Larve-Chrysalide.*

En accord avec PIEPHO (1942) nous les avons obtenus par administration d'hormone à des larves âgées de 84 à 132 heures après la dernière mue. Les intermédiaires obtenus sont d'autant plus proches du type chrysalide que l'HJR a été appliquée plus tardivement. Ces résultats confirment ceux de SEHNAL et MEYER (1968) et de RÖLLER *et al.* (1969). A partir du début du filage les conséquences des injections deviennent extrêmement limitées : peu de larves réagissent et l'effet se résume à la persistance chez la chrysalide d'une plage de cuticule larvaire circonscrite au lieu de l'injection. Dès le stade cocon mince aucun effet n'est décelable quant à la morphologie de la chrysalide obtenue. A ce moment, le type de tégument est parfaitement déterminé et l'HJR est sans action à ce niveau. Cependant elle peut encore intervenir au niveau des cellules épithéliales de l'intestin pour modifier leur différenciation (PLANTEVIN, 1975 b). SEHNAL (1968) note également que tous les processus de la métamorphose ne sont pas sensibles de façon synchrone à l'hormone juvénile.

c) *Autres modifications observées.*

Peu d'auteurs ont observé d'autres caractères que ceux cités précédemment (mues surnuméraires, intermédiaires larve-chrysalide et action au niveau du tégument).

AKAI et KOBAYASHI (1971), AKAI *et al.* (1971) montrent que l'HJR augmente d'un jour la phase de nutrition active des larves de *B. mori* si l'injection est réalisée au début du dernier stade. Il en résulte le filage d'un cocon plus important. Si l'injection est réalisée dans la seconde moitié du stade, l'augmentation de la durée est plus importante et le temps de filage, notamment, est allongé. Nous avons souligné ce même phénomène chez *G. mellonella*, et montré que la croissance pondérale, par rapport aux témoins expérimentaux, est fonction de cette augmentation de la durée. La figure 2 b illustre très bien ce phénomène et indique clairement le lien existant entre la prise de poids et la durée de la phase d'accroissement, qu'il s'agisse de la simple prolongation du dernier stade larvaire, ou de l'obtention d'une mue surnuméraire. Il convient de rappeler à ce propos que nous n'avons jamais obtenu, pour les animaux traités, de taux de croissance supérieurs à ceux enregistrés pour les témoins (ils sont par contre plus élevés que ceux des témoins expérimentaux, à l'exception des larves ayant reçu de l'HJC en injection). Le traitement hormonal prolonge donc la phase de croissance mais n'accélère que très peu cette dernière.

Remarquons encore que, chez les larves ayant effectué une mue surnuméraire, la durée séparant le moment du maximum de poids de celui de la nymphose est très allongée. Il existe en général une phase de deux à quatre jours de nutrition et de filage alternés pendant laquelle le poids reste sensiblement constant à son niveau le plus élevé. Ce comportement rappelle un peu celui des « larves tournantes » (PLANTEVIN,

1975 a). Mais en général le filage et la nymphose interviennent. RIDDIFORD (1972) observe un phénomène analogue chez *H. cecropia* où l'application d'HJ retarde le début du filage et multiplie par 1,5 à 2 fois le temps séparant le filage de l'ecdysis. PIEPHO (1950) a déjà décrit des modifications du comportement de filage chez *G. mellonella* après implantation de corpora allata et BENZ (1973) signale un cas de renversement du comportement de filage chez *Pieris brassicae* traité avec un dérivé de l'HJ. AKAI *et al.* (1973) rapportent l'induction de « dauer Larvae » chez *B. mori*. En ce qui nous concerne, nous n'en avons pas obtenu plus chez les témoins.

3. — Le mode d'administration et l'inactivation de l'hormone

a) Application topique et injection.

La plupart des auteurs précédemment cités ont testé l'influence de l'HJR ou de ses mimétiques en les utilisant par application topique ou par injection. WIGGLESWORTH (1961 et 1963) souligne la disparité des résultats obtenus selon que le Farnesol et le FME sont appliqués localement ou injectés. Toujours actifs dans le premier cas, ils le sont de façon très irrégulière dans le second. Ce même auteur met l'accent sur l'inefficacité totale du FME injecté sous forme d'émulsion, contrastant avec les bons résultats obtenus si le FME est en solution dans l'huile d'olive. WIGGLESWORTH (1969) reprend des comparaisons plus précises entre les deux modes d'administration : pour le Farnesol, le FME et l'HJR les mêmes résultats sont obtenus lorsque les doses appliquées sont respectivement 2,6-6-7,1 fois plus grandes que les injectées. Mais l'auteur précise bien que, en injection, les résultats varient largement et que seuls sont considérés comme significatifs ceux qui sont les meilleurs, pour une dose donnée. OHTAKI *et al.* (1971) travaillant sur *B. mori* montrent que l'HJR est plus active en application topique alors que les deux autres substances, très voisines, sont plus efficaces en injection. Pour CRITCHLEY et CAMPION (1971 b) l'HJC est plus active si elle est fournie de manière topique. Il est par conséquent très difficile de dégager une impression générale quant à l'efficacité relative de ces deux méthodes.

Il est d'autre part indispensable de préciser très exactement les conditions d'administration. En effet WIGGLESWORTH (1973) montre qu'une quantité donnée d'HJ appliquée topiquement à l'abdomen de *R. prolixus* a un effet grandement réduit si la cuticule est mince. La substance active pénètre alors trop rapidement et se trouve éliminée d'autant plus vite. EMMERICH et HARTMANN (1973) retrouvent dans la circulation l'HJ tritiée injectée dorsalement au niveau du cou chez *Locusta migratoria* alors qu'ils n'en décèlent que de faibles quantités dans l'hémolymph circulant si l'injection a été faite dans l'abdomen ; ils pensent que les gouttelettes huileuses sont retenues par le tissu adipeux ou les ovaires. Le régime alimentaire lui-même est important et REDDY et KRISHNAKUMARAN (1973) soulignent que la présence de cire dans l'alimentation de *G. mellonella* renforce la réponse morphogénétique des larves de dernier stade auxquelles on a injecté de l'HJ.

b) Administration par voie orale.

Peu d'auteurs ont, à notre connaissance, présenté l'HJ ou ses mimétiques en ingestion. MURAKOSHI *et al.* (1972) étudient l'action du 1-(3,4-méthylènedioxyphényl)-5,9-diméthyl-8-époxy-1,4-décadiène, fourni dans le régime alimentaire (0,5 à 8 p.p.m.)

de *B. mori*, sur la production de soie. Bien que cette dernière soit augmentée, les résultats sont moins bons que ceux obtenus par application topique (CHANG *et al.*, 1972).

BRIEGER (1973) nourrit des larves de dernier stade de *G. mellonella* avec un régime contenant 0,4 p. 100 de méthyl-géranyl-géranoate (MGG). Les larves continuent ainsi à grossir, muent à nouveau et atteignent un poids moyen de 454 mg. Replacées sur un milieu normal, de telles larves nymphosent et donnent des adultes éventuellement normaux et fertiles. Les résultats sont très différents de ceux obtenus par application topique ; il est vrai que les nombres sont faibles et les âges non précisés. Mais il convient de noter que les doses ingérées par les larves sont assez considérables et la prise tout à fait progressive : le MGG n'est donc très actif que dans des conditions extrêmement particulières. En ce qui nous concerne les doses fournies oralement sont du même ordre de grandeur que celles qui sont injectées et les larves ingèrent la totalité de cette dose en 36 heures en moyenne. Nous obtenons des poids moyens de 300 mg environ mais en 18 jours alors que, dans les travaux de BRIEGER, les animaux ingèrent du MGG pendant plus de cinq mois.

Pour nous, les résultats obtenus par ingestion sont bien meilleurs que ceux enregistrés après injection, du triple point de vue de la croissance pondérale, du nombre des mues supplémentaires et des doses nécessaires. Ceci est vraisemblablement dû au fait que l'hormone est absorbée progressivement et sans doute dégradée ou excrétée moins rapidement que lors de l'injection d'une dose unique directement dans l'hémolymphe.

G. mellonella constitue vraisemblablement un matériel particulièrement propice à cet égard en raison de son alimentation, la cire constituant un excellent support pour les substances liposolubles. Il ne fait pas de doute, cependant, qu'en raison de sa simplicité et de son efficacité, la méthode pourrait être étendue avec profit à de nombreux insectes.

c) *L'inactivation de l'hormone.*

Quel que soit le mode de fourniture de l'HJ ou de ses mimétiques, dès lors qu'ils ont gagné le milieu intérieur, se trouve posé le problème de leur devenir. De nombreux auteurs ont indiqué qu'ils étaient rapidement métabolisés. WIGGLESWORTH le soulignait dès 1961. REDDY et KRISHNAKUMARAN (1972) montrent que l'HJR est métabolisée en moins de cinq jours après application topique chez *T. molitor* et à peu près complètement inactivée en huit heures après injection dans les larves de *G. mellonella*. DE LOOF et DE WILDE (1970) injectant l'équivalent de 200 000 GU/ml d'hémolymphe chez *Leptinotarsa decemlineata* ne retrouvent que 500 GU/ml après vingt heures et seulement quelques traces cinq jours plus tard. WHITEMORE *et al.* (1972) suggèrent que l'HJ induit la synthèse des carboxylestérases responsables de sa propre dégradation. AJAMI et RIDDIFORD (1973) précisent que l'HJR est rapidement métabolisée non seulement dans les espèces où elle constitue l'hormone naturelle, mais également chez des espèces représentatives de huit ordres d'insectes. Ils précisent les premiers stades de cette dégradation et attirent l'attention sur le fait que les mécanismes intervenant dans le catabolisme de l'hormone endogène ne sont pas forcément les mêmes que ceux élucidés à partir de l'étude relative à l'hormone exogène ; il existe peut-être un seuil en deçà duquel le catabolisme de l'HJ ne peut être induit (RIDDIFORD et AJAMI, 1973). De même, les mécanismes de dégradation ne sont pas forcément

les mêmes chez tous les Insectes. SLADE et ZIBITT (1971) montrent qu'il existe des différences de nature qualitative dans le catabolisme de l'HJR chez *H. cecropia* et *M. sexta*. PATTERSON (1973) utilisant des applications topiques uniques ou répétées chez *R. prolixus* observe que le 12 homojuvénate et l'HJC sont plus actifs s'ils sont appliqués en plusieurs fois, alors que c'est l'inverse pour le FME. Il conclut que les deux premiers composés sont plus rapidement métabolisés que le FME.

Il convient en fait de distinguer dégradation et excrétion sous forme encore active. Nous avons montré en effet que l'HJR fournie par voie orale ou par injection pouvait être excrétée, au moins partiellement, sans perdre pour autant son pouvoir juvénilisant ; les mues surnuméraires obtenues chez des larves ingérant les excréta d'animaux ayant reçu de l'hormone en sont une preuve. Il serait intéressant d'étudier ce problème plus en détail.

Dans un article récent ERLEY *et al.* (1975) confirment la rapidité de l'excrétion de l'HJ Cecropia chez les adultes de *Locusta migratoria* : toute la radioactivité recueillie dans les excréta l'est en moins de 48 heures, dont la moitié en 3 heures. Ils précisent de plus que pour une dose de $4,8 \times 10^{-8}$ g/animal, une part importante est excrétée sous forme d'HJ inchangée.

Remarquons enfin que certains solvants, notamment l'huile d'olive et l'huile d'arachide, jouent un rôle protecteur vis-à-vis de l'hormone : OHTAKI *et al.* (1972) ; WIGGLESWORTH (1973). Il est donc nécessaire, là encore, de préciser parfaitement les conditions expérimentales si l'on veut pouvoir comparer efficacement les divers résultats obtenus.

CONCLUSION

Au terme de cette étude nous pouvons rappeler les faits principaux.

1. Les conditions expérimentales utilisées entraînent une diminution sensible de la croissance pondérale et une augmentation de la durée de développement.

2. L'HJR est la substance la plus active, efficace tant en injection qu'en ingestion, à des doses minimales (0,1 à 1 µg/larve de 100 mg environ). L'HJC et le FME sont actifs par voie orale, mais pratiquement inefficaces en injection, de même que le Farnesol, quel qu'en soit le mode d'administration. FME et Farnesol sont toxiques lorsqu'ils sont introduits dans la cavité générale.

3. L'action des substances actives se manifeste de plusieurs façons :

- obtention de larves de stade surnuméraire ;
- obtention d'intermédiaires larve-chrysalide ;
- prolongation de la phase de croissance, sans modification importante de la vitesse de cette croissance, que la larve effectue ou non une mue surnuméraire.

4. D'une façon générale, nous avons pu démontrer la supériorité de la méthode d'administration de l'hormone par voie orale. Les doses nécessitées sont toujours plus faibles, les croissances pondérales plus fortes et les pourcentages de mues surnuméraires plus élevés (78 p. 100 avec l'HJR).

5. Il nous a été possible d'obtenir jusqu'à 4 mues surnuméraires successives typiques, par fourniture répétée d'HJR.

6. Le fait que des larves aient pu muer après absorption d'hormone excrétée par d'autres animaux peut permettre d'aborder le problème du catabolisme et de l'excrétion des substances hormonales par une voie nouvelle.

Reçu pour publication en avril 1975.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE BIOLOGY OF *GALLERIA MELLONELLA*. ACTION OF THE JUVENILE HORMONE AND SOME IMITATIVE SUBSTANCES ON THE ORGANISM AS A WHOLE

We have tested the influence of four compounds showing juvenilizing activity (RÖLLER compound or JHR, « synthetic juvenile hormone » or JHC, Farnesyl methyl ether or FME and Farnesol) provided to *G. mellonella* larvae by ingestion or injection. We took into account the following points : percentage of supernumerary moults, doses, weight growth and duration of development (whether larvae show a supernumerary stage or not) and possible presence of larva-pupa intermediates.

In a general way, ingestion yields better results. JHR is potent in much smaller doses than the three other substances (0,25 µg/larva by ingestion is enough to obtain 78 p. 100 of supernumerary moults) ; it's the only one which allows an important rate of such moults following injection. JHC is very effective by ingestion but induces a decrease of larval growth by injection. FME and Farnesol are inactive and even toxic if great amounts are introduced into haemolymph. Ingested FME is efficient ; ingested Farnesol is almost inefficient. If a compound, whatever it may be, is active, the growth rate is uniform.

Repeated supplies of JHR allow the obtainment of several successive supernumerary moults. An important part of the excreted JH is still active.

Physiological meaning of the studied compounds is discussed in the light of our results and of bibliographical datas. The discussion also considers the criterions of efficiency commonly used and the influence of the method of hormone administration.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AJAMI A. M., RIDDIFORD L. M., 1973. Comparative metabolism of the cecropia juvenile hormone. *J. Insect Physiol.*, **19**, 635-645.
- AKAI H., KIGUCHI K., MORI K., 1971. Increased accumulation of silk protein accompanying JH-induced prolongation of larval life in *Bombyx mori*. *Appl. Entomol. Zool.*, **6**, 218-220.
- AKAI H., KIGUCHI K., MORI K., 1973. The influence of juvenile hormone on the growth and metamorphosis of *Bombyx* larvae. *Bull. Ser. Exp. Station. Tokyo.*, **25**, 287-305.
- AKAI H., KOBAYASHI M., 1971. Induction of prolonged larval instar by the juvenile hormone in *Bombyx mori* L. *Appl. Entomol. Zool.*, **6** (3), 138-139.
- BALAZS A., 1958. Nutritional and nervous factors in the adaptation of *Galleria mellonella* to artificial diet. *Acta Biol.*, **9**, 47-69.
- BENZ G., 1973. Reversal of spinning behaviour in last instar larvae of *Pieris brassicae* treated with juvenile hormone derivatives. *Experientia*, **29** (11), 1437-1438.
- BERKOFF C. E., 1969. The chemistry and biochemistry of insect hormones. *Quart. Rev.*, **23** (3), 372-391.
- BERKOFF C. E., 1970. Synthetic juvenile hormone and « synthetic juvenile hormone ». *Science*, **168** (3939), 1607.
- BRIEGER G., 1973. Juvenile hormone analogue in diet of the wax moth *Galleria mellonella*. *Naturwissenschaften*, **60** (5), 261.
- CARLISLE D. B., ELLIS P. E., 1968. Insect hormones : olive oil is not an inert vehicle for hormone injection into locusts. *Science*, **162** (3860), 1393-1394.
- CHANG C. F., MURAKOSHI S., TAMURA S., 1972. Giant cocoon formation in the silkworm *Bombyx mori* L., topically treated with methylenedioxyphenyl derivatives. *Agr. Biol. Chem.*, **36**, 692-694.

- CRITCHLEY B. R., CAMPION D. G., 1971 a. Effects of a juvenile hormone analogue on growth and reproduction in the cotton stainer *Dysdercus fasciatus* SAY. *Bull. Ent. Res.*, **61**, 49-53.
- CRITCHLEY B. R., CAMPION D. G., 1971 b. Effects of synthetic juvenile hormone and a juvenile hormone analogue, methylfarnesoate dihydrochloride, on pupal development of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* L. *Bull. Ent. Res.*, **61** (2), 293-297.
- DAHM K. H., TROST B. M., RÖLLER H., 1967. The juvenile hormone. V. Synthesis of the racemic juvenile hormone. *Am. Chem. Soc.*, **89**, 5292-5294.
- DAHM K. H., RÖLLER H., TROST B. M., 1968. The juvenile hormone. IV. Stereochemistry of juvenile hormone and biological activity of some of its isomers and related compounds. *Life Sci.*, **7** (4), 129-138.
- DAHM K. H., RÖLLER H., 1970. The juvenile hormone of the giant silk moth, *Hyalophora gloveri*. *Life Sci.*, **9**, 1397-1400.
- DOANE W. W., 1973. Role of hormones in insect development. In COUNCE S. J., WADDINGTON C. H., *Developmental systems : Insects*, **2**, 291-497. Acad. Press, London and New York.
- EMMERICH H., HARTMANN R., 1973. A carrier lipoprotein for juvenile hormone in the haemolymph of *Locusta migratoria*. *J. Insect Physiol.*, **19**, 1663-1675.
- ERLEY D., SOUTHARD S., EMMERICH H., 1975. Excretion of juvenile hormone and its metabolites in the locust, *Locusta migratoria*. *J. Insect Physiol.*, **21**, 61-70.
- GILBERT L. I., SCHNEIDERMAN H. A., 1960. The development of a bioassay for the juvenile hormone of insects. *Trans. Am. microsc. Soc.*, **79**, 38-67.
- GILBERT L. I., SCHNEIDERMAN H. A., 1961. The content of juvenile hormone and lipid in Lepidoptera : sexual difference and developmental changes. *Gen. Comp. Endoc.*, **1**, 453-472.
- JAROLIM V., HEJNO K., SEHNAL F., 1969. Natural and synthetic materials with insect hormones activity 8. Juvenile activity of the farnesane type compounds on *Galleria mellonella*. *Life Sci.*, **8** (2), 831-841.
- JUDY K. J., SCHOOLEY D. A., DUNHAM L. L., HALL M. S., BERGOT B. J., SIDDALL J. A., 1973 a. Isolation, structure, and absolute configuration of a new natural insect juvenile hormone from *Manduca sexta* (Lepid. Sphingidae). *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **70** (5), 1509-1513.
- JUDY K. J., SCHOOLEY D. A., HALL M. S., BERGOT B. J., SIDDALL J. B., 1973 b. Chemical structure and absolute configuration of a juvenile hormone from grasshopper (*Schistocerca gregaria*) corpora allata *in vitro*. *Life Science*, **13** (11), 1511-1516.
- KARLSON P., NACHTIGALL M., 1961. Ein biologischer Test zur quantitativen bestimmung der juvenilen Hormonaktivität von Insektenextrakten. *J. Insect. Physiol.*, **7**, 210-215.
- KUNKEL J. G., 1973. Gonadotropic effect of juvenile hormone in *Blattella germanica* : a rapid, simple quantitative bioassay. *J. Insect Physiol.*, **19**, 1285-1297.
- LAW J. H., YUAN C., WILLIAMS C. M., 1966. Synthesis of a material with high juvenile hormone activity. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, **55**, 576-578.
- DE LOOF A., DE WILDE J., 1970. Hormonal control of synthesis of vitellogenic female protein in the colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *J. Insect Physiol.*, **16**, 1455-1466.
- MEYER A. S., 1971. The juvenile hormone of the Cecropia silk moth. A chronicle. *Bull. Soc. ent. Suisse*, **44**, 37-63.
- MEYER A. S., SCHNEIDERMAN H. A., HANZMANN E., KO J. H., 1968. The two juvenile hormones from the cecropia silk moth. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **60** (3), 853-860.
- MURAKOSHI S., CHANG C. F., TAMURA S., 1972. Increase in silk-production by the silkworm *Bombyx mori* L. due to oral administration of a juvenile-hormone analog. *Agric. Biol. Chem.*, **36**, 695-696.
- NARDON P., PLANTEVIN G., 1968. La métamorphose du mésentéron de *Galleria mellonella*. Étude histologique en culture. Influence de divers facteurs. in *Culture d'organes d'Invertébrés* de H. LUTZ. Cours et documents de biologie, vol 1, Gordon and Breach éditeurs, 201-219.
- OHTAKI T., KIGUCHI K., AKAI H., MORI K., 1972. Juvenile hormone and synthetic analogues. II. Novel substances with high juvenile hormone activity. *Appl. Ent. Zool.*, **7** (3), 161-167.
- OHTAKI T., TAKEUCHI S., MORI K., 1971. Juvenile hormone and synthetic analogues : effects on larval moult of silkworm *Bombyx mori*. *Jap. J. Med. Sci. Biol.*, **24**, 251-255.
- PATTERSON J. W., 1973. The effect of the persistence of juvenile hormone mimics on their activity on *Rhodnius prolixus*. *J. Insect Physiol.*, **19**, 1631-1637.
- PIEPHO H., 1938. Über die Auslösung der Raupenhautung, Verpuppung und Imaginalentwicklung an Hautimplantaten von Schmetterlingen. *Biol. Zbl.*, **58**, 481-495.
- PIEPHO H., 1940. Über die hemmung der Verpuppung durch corpora allata. Untersuchungen an der Wachsmotte *Galleria mellonella*. *Biol. Zbl.*, **60**, 367-393.
- PIEPHO H., 1942. Untersuchungen zur Entwicklungsphysiologie der Insektenmetamorphose. Über die puppenhäutung der Wachsmotte *Galleria mellonella* (L.). *Roux Arch.*, **141**, 500-583.
- PIEPHO H., 1950. Hormonale Grundlagen der Spinnatigkeit bei Schmetterlingsraupen. *Z. Tierpsychol. Dtsch.*, **7** (3), 424-434.
- PLANTEVIN G., 1975 a. Contribution à l'étude de la biologie de *Galleria mellonella*. Mues-croissance et développement. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **7**, 365-397.
- PLANTEVIN G., 1975 b. Influence de l'hormone juvénile et de certains de ses mimétiques au niveau de l'épithélium intestinal. Soumise à *J. Insect. Physiol.*

- REDDY G., KRISHNAKUMARAN A., 1972. Relationship between morphogenetic activity and metabolic stability of insect juvenile hormone analogues. *J. Insect Physiol.*, **18**, 2019-2028.
- REDDY G., KRISHNAKUMARAN A., 1973. Effect of diet on response to juvenile hormone in *Galleria mellonella* larvae. *Experientia*, **29**, 621.
- RETNAKARAN A., 1973. Hormonal induction of supernumerary instars in the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Ent.*, **105**, 459-461.
- RIDDIFORD L. M., 1972. Juvenile hormone in relation to the larval pupal transformation of the cecropia silkworm. *Biol. Bull.*, **142** (2), 310-325.
- RIDDIFORD L. M., AJAMI A. M., 1973. Juvenile hormone: its assay and effects on pupae of *Manduca sexta*. *J. Insect Physiol.*, **19**, 749-762.
- RÖLLER H., BJERKE J. S., 1965. Purification and isolation of juvenile hormone and its action in Lepidopteran larvae. *Life Sci.*, **4**, 1617-1624.
- RÖLLER H., BJERKE J. S., HOLTHAUS L. M., NORGARD D. W., MCSHAN W. H., 1969. Isolation and biological properties of the juvenile hormone. *J. Insect Physiol.*, **15**, 379-389.
- RÖLLER H., BJERKE J. S., MCSHAN W. H., 1965. The juvenile hormone. I. Methods of purification and isolation. *J. Insect Physiol.*, **11** (9), 1185-1197.
- RÖLLER H., DAHM K. H., 1968. VI. Comparative endocrinology. The chemistry and biology of juvenile hormone. *Recent Progress in Hormone Research*, **24**, 651-680.
- RÖLLER H., DAHM K. H., 1970. The identity of juvenile hormone produced by corpora allata *in vitro*. *Naturwissenschaften*, **57** (9), 454-455.
- RÖLLER H., DAHM K. H., SWEELY C. C., TROST B. M., 1967. The structure of the juvenile hormone. *Angewandte chemie*, **6** (2), 179-180.
- ROMANUK M., 1971. Sélectivité de l'effet de certains analogues de l'hormone juvénile. *Arch. Zool. Exp. Gen.*, **112**, 553-563.
- ROMANUK M., SLAMA K., SORM F., 1967. Constitution of a compound with pronounced juvenile hormone activity. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **57** (2), 349-352.
- SCHMIALEK P., 1961. Die Identifizierung zweier im Tenebrio und in Hefe vorkommender Substanzen mit juvenilhormonwirkung. *Z. Naturf.*, **16 b**, 461-464.
- SCHWIETER-PEYER B., 1973. Comparison of the effect of the geometrical isomers of juvenile hormone on *Blatella germanica*, *Dysdercus cingulatus* and *Sitophilus granarius*. *Insect Bioch.*, **3** (11), 275-282.
- SEHNAL F., 1966. Kritisches Studium der Bionomie und Biometrik der in verschiedenen Lebensbedingungen gezüchteten Wachsmotte, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera). *Z. Wiss. Zool.*, **174**, 53-82.
- SEHNAL F., 1968. Influence of the corpus allatum on the development of internal organs in *Galleria mellonella*. *J. Insect Physiol.*, **14**, 73-85.
- SEHNAL F., MEYER A. S., 1968. Larval pupal transformation: control by juvenile hormone. *Science*, **159** (3818), 981-984.
- SIDDALL J. B., 1970. In *Chemical Ecology* (E. SONDHEIMER and J. B. SIMEONE, eds) p. 281-306, Academic Press, New York and London.
- SLADE M., ZIBITT C. H., 1971. Metabolism of Cecropia Juvenile Hormone in Lepidopterans. « Chemical Releasers in Insects ». *Proceedings of the Second International IUPAC Congress Pesticide Chemistry*, **3**, 45-58.
- SLAMA K., 1971. Natural and synthetic substances with juvenile hormone effects in Insecta. *Arch. Zool. Exp. Gen.* (Franco Czech. Colloquium on Insect hormones Praha 1970), **112**, 579-589.
- SRIVASTAVA U. S., GILBERT L. I., 1969. The influence of juvenile hormone on the metamorphosis of *Sarcophaga bullata*. *J. Insect Physiol.*, **15**, 177-189.
- STAAL G. B., 1972. Biological activity and bio assay of juvenile hormone analogs. In MENN J. J., BEROZA M., *Insect juvenile hormone. Chemistry and action*, 217-235. Acad. Press. New York and London.
- WHITEMORE D. JR., WHITEMORE E., GILBERT L. I., 1972. Juvenile hormone induction of esterases: a mechanism for the regulation of juvenile hormone titer. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **69**, 1592-1595.
- WIGGLESWORTH V. B., 1961. Some observations on the juvenile hormone effect of farnesol in *Rhodnius prolixus* STAL. *J. Insect Physiol.*, **7**, 73-78.
- WIGGLESWORTH V. B., 1963. The juvenile hormone effect of farnesol and some related compounds: quantitative experiments. *J. Insect Physiol.*, **9**, 105-119.
- WIGGLESWORTH V. B., 1969. Chemical structure and juvenile hormone activity: comparative tests on *Rhodnius prolixus*. *J. Insect Physiol.*, **15**, 73-94.
- WIGGLESWORTH V. B., 1973. Assays on *Rhodnius* for juvenile hormone activity. *J. Insect Physiol.*, **19**, 205-211.
- WILLIAMS C. M., 1956. The juvenile hormone of insects. *Nature*, **178**, 212-213.
- WILLIAMS C. M., LAW J. H., 1965. The juvenile hormone. IV. Its extraction, assay and purification. *J. Insect Physiol.*, **11**, 569-580.
- WILLIS, J. H. LAWRENCE P. A., 1970. Deferred action of juvenile hormone. *Nature*, **225** (5227), 81-82.
- WYATT G. R., 1971. In *Biochemical Actions of Hormones* (G. LITWACK, ed.), Vol. 2, p. 385-490, Academic Press, New York and London.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES SCOLYTIDAE

I. — COMPORTEMENT DE DIFFÉRENTS STADES DU SCOLYTE MÉDITERRANÉEN, *SCOLYTUS (RUGULOSCOLYTUS) MEDITERRANEUS* EGGERS EN ISRAËL

E. GUREVITZ

Organisation de Recherches agronomiques,
Centre Volcani
Bet Dagan (Israël)

RÉSUMÉ

Le scolyte méditerranéen (*Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus* EGGERS) suscite un vif intérêt, vu les dégâts qu'il cause aux plantations d'arbres fruitiers à feuillage caduc. Il complète son cycle évolutif dans les galeries qu'il creuse dans l'écorce, protégé des conditions extérieures, sauf pendant une courte période de vol. Le vol assure la dispersion de la population et permet aux scolytes de trouver de nouveaux arbres qui leur serviront d'hôtes adéquats.

Différentes données biologiques sont fournies dans cette étude : comportement de différents stades, durée du développement larvaire et nymphal, longévité et fécondité des adultes, taux de multiplication de progénitures et apparition de populations uniquement d'adultes femelles au cours de l'observation de cette étude.

INTRODUCTION

Les *Scolytidae* ont une grande importance économique. On compte plus de 2 000 espèces attaquant conifères, plants d'ornement et arbres à feuilles caduques. Ils sont adaptés aux conditions subtropicales. D'après BALACHOWSKY (1963), l'espèce *Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus* EGGERS appartient à la famille de *Scolytidae* qui comprend la sous-famille de *Scolytinae* et le sous-genre *Ruguloscolytus* Butovich.

Le scolyte méditerranéen (*Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus* EGGERS) est répandu dans la région méditerranéenne, en Europe, Asie et Afrique du Nord. Il est strictement xylophage et s'attaque aux arbres fruitiers de la famille des Rosacées, tels que le pêcher, le prunier, l'abricotier, le pommier et le poirier.

Le scolyte méditerranéen cause des dégâts considérables en attaquant des arbres souffreteux, qui épuisés, deviennent des centres de dispersion, mettant en danger les arbres sains du voisinage. Il s'attaque indifféremment aux troncs, aux branches et aux rameaux. En certains cas, d'attaque massive, quand il n'y a pas d'arbres affaiblis aux alentours le dégât est infligé aussi à des arbres sains et vigoureux à première vue. D'après CHODJAI (1963), il est décrit comme un des ravageurs les plus importants des vergers en Iran, et considéré comme un parasite primaire.

Le dégât de scolyte méditerranéen est marqué dans plusieurs régions du pays et il est répandu en Israël en grandes étendues au Sud (Carmé Lachish), au Centre (Mishmar David) et au Nord (Côte du Carmel).

I. — MÉTHODE D'ÉTUDES

L'étude des divers stades a été suivie sur des branches atteintes dans la nature et stockées au laboratoire dans des boîtes de carton de dimensions $50 \times 50 \times 50$ cm et dans des seaux en matière plastique de 3 l pourvus d'un orifice de sortie relié par un tube de verre à un récipient en plastique pour l'attraction des adultes. Les branches sont remplacées par des nouvelles intactes servant à la contamination suivant le rythme de sortie des adultes. L'extrémité des branches est trempée dans la paraffine pour éviter leur dessèchement.

Les observations sont faites tous les 2-3 jours sur dix branches de 20-30 cm, envahies par 3-5 familles (galeries maternelles) chacune ; à chaque observation on examine les divers stades de 1-2 familles, en changeant chaque fois car les manipulations endommagent les familles observées. Les observations ont été poursuivies pendant un an pour étudier le développement des différents stades en différentes saisons.

Le dimorphisme sexuel des adultes est accentué : chez le mâle le front est glabre ou concave, et chez la femelle le front est pubescent, ce qui constitue une caractéristique importante pour la reconnaissance du sexe.

Afin d'évaluer les dégâts nous avons procédé à l'observation de pêchers, de pruniers, d'abricotiers et d'amandiers. Leurs branches âgées de deux ans et plus (14-35 mm) et les branches plus fines âgées d'un an (4-8 mm) ont été examinées.

II. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. — *Comportement de différents stades*

a) *Ponte.*

Les œufs de forme elliptique sont pondus séparément sur les parois de la galerie maternelle dans des niches latérales et fixés par un ciment sécrété par la femelle et mélangé à des débris de sciure. Les œufs sont rapprochés les uns des autres et il y a un intervalle entre les groupes d'œufs pondus. Ils se trouvent généralement des deux côtés de la galerie et parfois sur une seule paroi.

La galerie de ponte commence en général près de l'œil d'un bourgeon, monte légèrement et parallèlement à l'axe de l'arbre à travers l'écorce jusqu'à l'aubier (rarement jusqu'au cambium). Parfois la galerie est sinueuse, mais elle reste dirigée vers le sens des fibres de l'arbre. Elle n'est pas ramifiée, et plus rarement, elle a la forme d'un fer à cheval. La longueur de la galerie est 0,9-2,8 cm. Le nombre d'œufs est fonction de la longueur de la galerie et de la fertilité de la femelle et peut dépasser

100 œufs par femelle, déposés en deux rangées sur chaque paroi (tabl. 1). En général, les œufs sont pondus en un seul rang sur chaque côté et leur nombre varie entre 14 et 62. Les femelles s'alimentent au cours de la ponte dans la galerie maternelle et on peut observer entre des séries d'œufs des intervalles de 0,5-1,5 mm sans œufs. Quand la ponte est intense on voit des rangs d'œufs sans intervalle.

TABLEAU I

Longueur des galeries de ponte et nombre d'œufs
(Branches de 20 cm de long)

Plante-hôte	Longueur de galeries (cm)	Longueur des séries d'œufs (cm)		Nombre de séries d'œufs		Nombre d'œufs		Remarques
		une paroi	autre paroi	une paroi	autre paroi	une paroi	autre paroi	
Amandier (3 galeries par branche)	1,6	0,9	0,9	3	3	13	21	deux rangs d'œufs sur chaque paroi de la galerie
	1,4	0,3	0,6	1	3	4	10	
	1,6	0,4	0,6	2	3	8	14	
Prunier (4 galeries par branche)	0,9	0,3	0,2	1	1	16	12	
	1,4	1,0	0,8	1	1	16	12	
	2,8	2,3	1,5	1	3	25	23	
	2,1	0,7	0,9	1	2	7	16	
Prunier (3 galeries par branche)	2,2	1,7	1,8	1	1	29	33	
	1,0	0,2	0,8	1	2	2	13	
	0,9	0,5	0,4	1	1	7	8	
Abricotier (5 galeries par branche)	1,7	0,9	0,1	1	1	17	28	
	1,5	1,1	1,2	1	1	24	31	
	1,7	1,3	1,1	1	1	27	23	
	2,2	1,9	1,4	1	1	45	37	
	2,6	1,8	2,0	1	1	51	57	

La ponte a généralement lieu en l'absence du mâle et on observe rarement un mâle avec une femelle dans la galerie, ordinairement, une femelle par galerie. Les accouplements qui ont lieu dans les galeries si le mâle y est parfois présent, augmente quelque peu la ponte. Il n'y a pas de différence nette en quantité de ponte entre des femelles avec mâle ou sans mâle dans les galeries.

b) *Larve.*

Les jeunes larves apodes commencent à forer leur galerie dès leur éclosion entre l'écorce et l'aubier en direction perpendiculaire à la galerie maternelle. Les galeries larvaires sont sinueuses et parallèles les unes aux autres et s'élargissent à mesure que la larve grandit. Les galeries se ramifient en diverses directions et parfois s'entrecroisent à l'extrémité. Elles commencent dans les couches plus profondes et passent avec le temps dans les couches plus superficielles, et se trouvent dans la zone de l'aubier à une profondeur de 3-4 mm. En cas de population serrée on trouve les traces de galeries aussi sur l'écorce intérieure. On compte entre 14 et

TABLEAU 2

Développement d'une population de scolyte et taux de multiplication en fonction de la densité de la population
(conditions extérieures) (branches de 20 cm pour chaque observation ; branches contaminées au laboratoire)

N° d'ordre	Plante-hôte	Température (°C)	Humidité relative (%)	Nbre de couples par branche	Nbre total d'individus dans l'ensemble des branches	Mortalité de parents après 10 j (%)	Nbre de descendants	Durée de développement (j)	Nbre de familles	Moyenne par famille	Taux de multiplication
1	amandier	20-24	70-80	1	20	35	163	57-67	5	32,6	8,1
2	pêcher	19-22	60-80	1	20	15	97	78	2	48,5	4,8
3	prunier	19-22	60-80	1	20	50	183	78-92	4	45,7	9,1
4	amandier	19-22	60-80	2	40	18	821	79-87	17	48,3	20,5
5	amandier	17,5-20,5	65-75	3	60	15	898	hibernants	23	39,0	14,9
6	prunier	— —	65-75	3	60	18	758	—	20	37,9	12,6
7	pêcher	— —	65-75	3	60	27	488	—	15	32,5	8,1
8	prunier	— —	65-75	5	100	16	1 572	—	43	36,5	15,7
9	amandier	— —	65-75	5	100	15	1 020	—	35	29,1	10,2
10	pêcher	— —	65-75	5	100	20	901	—	37	24,3	9,0
11	pêcher	— —	65-75	10	200	26	786	—	52	15,1	3,8
12	amandier	17-21	60-70	10	100	35	139	—	10	13,9	1,4
13	prunier	17-21	60-70	10	100	30	502	—	32	15,6	5,0
14	pêcher	17-21	60-70	15	150	58	440	—	20	22,0	2,9
15	amandier	17,5-20,5	60-70	15	300	43	721	—	47	15,3	2,4
16	prunier	— —	65-75	15	300	17	1 731	—	105	16,5	5,7
17	amandier	17-22	60-80	m f 1 + 3	m f 10 + 30	47	263	—	13	20,2	6,5
18	amandier	19-24	60-70	m f 1 + 5	m f 5 + 25	30	330	61-71	13	25,3	11,0
19	pêcher	19-24	60-70	m f 1 + 5	m f 5 + 25	47	474	65-71	14	33,8	15,8

48 galeries par famille (tabl. 2). Il convient de souligner qu'aux températures et humidités égales (en conditions extérieures) le nombre de descendants varie suivant la densité de la population et de l'étendue de la superficie familiale et non de l'espèce de la plante-hôte. Plus la densité est grande, moindre est le nombre des descendants (24-48 quand le nombre de couples n'excède pas 5 par branche de 20 cm ; 14-22 descendants quand le nombre de couples varie entre 10 et 15). La longueur des galeries larvaires est de 2,5-4,0 cm.

c) *Nymphé*.

Quand la larve atteint la fin de son développement, elle creuse une loge à l'extrémité de la galerie entre l'écorce et le bois. Lorsque la loge est creusée, la larve se retourne, sa partie antérieure étant vers le haut, et lorsqu'elle est parvenue au terme de sa croissance, elle se transforme en nymphe. La loge nymphale est sans souillure (tandis que des galeries larvaires sont bourrées de sciure excrémentielle provenant des déjections larvaires).

d) *Adulte et Essaimage*.

L'adulte trapu, 2-2,5 fois plus long que large sort de la loge nymphale en creusant vers le haut un petit trou dans l'écorce. Les mâles sortent les premiers et 1-2 jours après sortent les femelles. Les adultes des deux sexes essaimés ne restent pas longtemps dehors, et dès qu'ils ont trouvé un hôte adéquat, commencent à creuser des galeries de ponte. La femelle creuse un orifice d'entrée dans l'écorce, à partir duquel se ramifient les galeries de ponte et les galeries larvaires. Les galeries des mâles sont plus courtes et plus superficielles que celles des femelles.

Le rythme d'essaimage des adultes provenant d'une même famille n'est pas uniforme et peut s'étaler sur une période de 5 à 15 jours suivant les différentes températures (tabl. 2). Le pourcentage de mortalité des parents dans les dix premiers jours est élevé, notamment dans le cas de 1, 10 et 15 couples.

L'essaimage dépend de la température de même que de la lumière (tabl. 3). L'excitation de l'influence de la lumière au début de la sortie paraît intensifier l'essaimage et la plupart des sorties ont lieu pendant la journée de 8 h jusqu'à 12 h entre 24-30°C.

La vitalité des femelles et leur puissance de ponte sont de haute importance. Leur accouplement est effectué généralement peu après la sortie, avant la construction des galeries (tabl. 4). On place les femelles aussitôt sorties avec les mâles pendant 1 h 24 et plus de 24 h dans des récipients contenant des branches intactes. Puisque le nombre des descendants sortis (les deux sexes approximativement égaux) est élevé en présence des mâles pendant une courte et une longue durée, il apparaît que l'accouplement peut avoir lieu pendant la première heure après la sortie des adultes, et que les femelles soient très fécondes même après un seul accouplement. Les femelles qui n'ont pas été en contact avec des mâles ont pondu un petit nombre d'œufs infertiles et les larves qui ont éclos n'ont pas atteint le stade nymphal.

La répartition des sexes à l'essaimage est de 1 : 1 approximativement, mais sur les branches attaquées leur rapport est d'un mâle pour 8-10 femelles (tabl. 5). Cette différence dans la répartition des sexes à l'essaimage et à l'attaque donne lieu

TABLEAU 3

Heures d'essaimage d'adultes

Époque de l'essaimage	Mai-Juin	Juillet	Total
N° de branches	4	7	
Jusqu'à 08,00	158	408	566
Temp. (°C)	22-26	23-25	
08,00 10,00	217	821	1 038
Temp. (°C)	24-27	24-28	
10,00 12,00	207	663	870
Temp. (°C)	25-30	25-30	
12,00 14,00	86	214	300
Temp. (°C)	25-31	26-31	
14,00 17,00	5	21	26
Temp. (°C)	26-31	26-29	
Total d'adultes	673	2 127	2 800

TABLEAU 4

Développement des descendants de femelles ayant séjourné avec des mâles à différentes dates
(une femelle par branche de longueur 10-12 cm)

Traitements	Nombre de branches	Nombre de femelles sorties	Nombre de mâles sortis	Total	Moyenne par famille	Remarque
Femelles sans mâles	8	0	0	0	0	La plupart des galeries avec larves immatures-mortes
Femelles avec mâles 1 h	7	263	254	517	36,9	
Femelles avec mâles 24 h	3	85	82	167	27,8	
Femelles avec mâles plus de 24 h	7	293	262	555	39,6	

de penser que les femelles peuvent parcourir des distances plus grandes que les mâles, et produire de fortes concentrations. D'un autre côté, l'essaimage de deux sexes peut donner lieu à de fortes attaques aux alentours des points initiaux touchés.

TABLEAU 5

Répartition des sexes sur branches attaquées
(galeries maternelles)
(Observations mensuelles sur 16 branches de 20-30 cm long)

Mois	Nombre de femelles	Nombre de mâles	Rapport des sexes	
			femelles	mâles
Mai	48	6	8	1
Juin	40	5	8	1
Juillet	102	10	10,2	1
Août	128	12	10,5	1
Septembre	180	20	9	1
Octobre	82	8	10,2	1

Des adultes qui ont été dans les branches pendant 1-2 jours ont attaqué des nouvelles branches intactes dès les premiers jours de leur pénétration (tabl. 6). Dans chaque récipient on enferme 25-30 adultes d'un jour et on compte leur pénétration après 2 jours dans la branche initiale (le reste d'adultes est mis en dehors du récipient), et ceux qui se sont ajoutés à d'autres dates dans les nouvelles branches. Il apparaît que les scolytes sont capables d'attaquer de nouvelles branches dans les 1-3 jours suivant le début de la construction des galeries. Avec le commencement de la ponte (24 h après la construction de la galerie) l'intensité des attaques diminue jusqu'à devenir nulle après 5-10 jours. Chez un petit nombre de scolytes l'attaque se renouvelle après 11-18 jours (suivant la fin de la construction des galeries) pour une seconde période d'attaques.

Dans les stades biologiques du scolyte méditerranéen on distingue deux phases : l'une comprend la période pendant laquelle l'insecte se trouve sous l'écorce, et l'autre à l'essaimage quand l'adulte quitte sa galerie natale et passe à d'autres arbres. Dans les deux cas on constate des influences climatiques sur l'insecte.

Dans les colonies peuplées, on remarque l'ébauche d'une vie sociale organisée et HOPKINS (1915) signala la différence entre la polygamie organisée d'une part et la monogamie spéciale d'autre part, qui caractérisent certaines espèces. Chez les espèces monogames, comme celle qui est décrite, le nombre de mâles est sensiblement égal à celui des femelles et la galerie maternelle est simple, tandis que chez les espèces polygames, les galeries maternelles sont du type « étoile ».

e) *Superficie familiale et taux de multiplication.*

Le taux de multiplication dépend de la survie des femelles pondeuses et de la quantité de ponte par unité de superficie. Parfois dans la nature, les branches sont intensément peuplées et parfois elles le sont à peine. Quant au nombre de

TABLEAU 6

Pénétrations initiales et renouvelées des scolytes d'âges divers
(nombre d'adultes ayant pénétré dans les branches,
25-30 adultes par expérience)

Répétition	Attaque initiale d'adultes âgés 1-2 jours	Attaque nouvelle d'adultes âgés 3-4 jours	Attaque d'adultes âgés 5-10 jours	Attaque d'adultes âgés 11-18 jours
1	7	0	0	0
2	10	0	0	2
3	10	1	0	1
4	16	2	0	0
5	16	4	0	0
6	24	5	0	0
7	18	8	0	2
8	22	0	0	0
9	20	9	0	1
10	19	2	0	1

TABLEAU 7

Superficie par famille
(longueur des branches : 20 cm)

Date	Espèce	Diamètre des branches (mm)	Nombre de familles	Superficie par famille (cm ²)	Remarques
Avril-Juin	Prunier	14	3	29,3	Pénétrations répétées dans la branche — — — — — — — — — — — — — — — — — —
	Prunier	16	4	25,1	
	Pêcher	18	3	37,6	
	—	14	7	12,5	
	—	18	7	16,1	
	—	18	8	14,1	
	Prunier	20	7	17,9	
	—	20	8	15,7	
	—	22	9	15,3	
	—	22	9	15,3	
Octobre- Novembre	Prunier	14	7	12,5	— —
	Prunier	15	5	20,1	
	—	20	5	25,1	
	—	20	4	31,4	
	—	22	5	35,6	
	—	23	3	48,1	
	—	24	3	50,2	

familles nous n'avons pas constaté de différences sensibles par rapport au diamètre des branches (tabl. 7). Des branches âgées de deux ans et plus ayant un faible diamètre sont peuplées parfois par un plus grand nombre d'individus. En densité élevée, le nombre de descendants par famille (pas le nombre de familles) décroît. A l'attaque générale la superficie amorcée par une famille varie de 20 à 50 cm². Au cours de fortes attaques consécutives (les adultes qui essaient, reprennent d'assaut les branches qui les ont vu éclore) la superficie d'une famille varie entre 12,5 et 17,9 cm². VITÉ et GARA (1961) ont fixé la superficie échue à une famille de *Ips confusus* de 36 à 45 cm². Celle d'une famille de *Dendroctonus brevicornis* est de 56-75 cm². Selon nos observations, la superficie familiale propre à l'espèce que nous étudions (20 à 50 cm²) se rapproche de celle de *Ips confusus*.

f) *Localisation des galeries maternelles et celles d'alimentation.*

Les galeries maternelles sont creusées généralement dans des grosses branches âgées d'au moins deux ans, dont le diamètre est d'environ 14 mm et plus (tabl. 8). La pénétration dans les fines branches d'un an (d'un diamètre de 4 à 8 mm) ne sert qu'aux fins de l'alimentation. Dans les parties vertes de ces branches on ne voit que des galeries superficielles servant probablement à la nutrition et aux accouplements.

TABLEAU 8

Nombre de pénétrations et de familles dans les grosses branches et les branches fines

(temp. 25°C, humidité relative : 65 p. 100)

(6 branches à chaque examen : 3 grosses branches de 14-30 mm
3 fines branches de 4-8 mm)

Date	Nombre de scolytes		Nombre de pénétrations		Nombre de familles		Pourcentage de développement de familles
	mâles	femelles	grosses branches	fines branches	grosses branches	fines branches	
Du début d'octobre jusqu'au début de novembre	10	10	15	attaque	3	0	30
	10	10	13	4	3	1	40
	10	10	11	attaque	0	0	0
	10	10	9	—	4	0	40
	10	10	8	—	6	0	60
	10	10	8	—	4	0	40
	10	10	10	—	6	0	60

2. — *Durée du développement dans les conditions normales*

De l'examen de la durée du développement de divers stades pendant les différentes saisons de l'année (tabl. 9), il s'avère que la période d'incubation de l'œuf varie entre 5 et 12 jours suivant la température et la saison. La durée de vie de la larve est de 18-35 jours selon la saison, celle de la nymphe est de 7 à 15 jours et celle de l'adulte varie de 25 à 55 jours. La durée du développement d'une génération jusqu'à l'essaimage varie entre 35 et 78 jours. L'optimum du développement d'une génération est de 35 jours à 26,2°C.

TABLEAU 9

*Durée de développement des différents stades d'une génération
(de l'adulte pénétrant jusqu'au premier adulte sorti)*

Date du développement d'adulte à adulte	Température (°C)			Nombre de jours d'une génération			Avant ponte			Période d'incubation		
	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.
18-2/18-5	6,6	26,3	16,3	70	87	78	14	17	16	10	14	12
5-4/ 9-6	10,4	29,4	20,2	53	65	58	8	11	10	7	10	8
26-7/ 1-9	18,2	31,1	26,2	31	39	35	5	6	5	5	6	5
24-9/ 4-11	13,5	29,9	22,9	35	46	39	4	6	5	5	7	5

Date du développement d'adulte à adulte	Période de ponte			Période larvaire			Période nymphale			Longueur de vie de l'adulte		
	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.
18-2/18-5	38	43	40	32	40	35	14	16	15	53	60	55
5-4/ 9-6	24	31	27	29	32	30	9	12	10	33	42	37
26-7/ 1-9	18	23	20	16	19	18	5	8	7	22	28	25
24-9/ 4-11	22	27	25	20	25	22	6	8	7	28	32	30

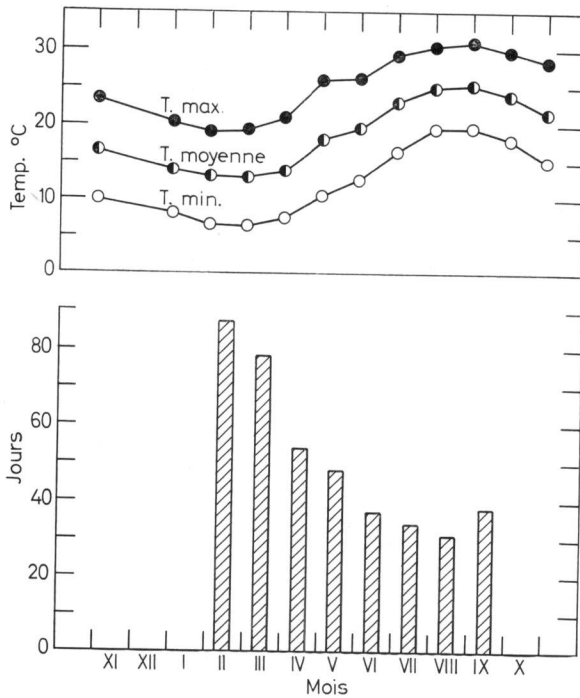


FIG. 1. — *Durée du développement de l'adulte pénétrant à l'adulte sortant dans les divers mois*

TABLEAU 10. — Développement des populations de femelles non fécondées (branches de 30 cm de long)

	Nbre initial de femelles	Plante-hôte	Début d'essaimage (jours)	Période d'essaimage (jours)	Nombre de familles	Nbre de descendants		Moyenne par famille	Taux de multiplication	Remarques
						mâles	femelles			
Génération 1	11	amandier	45	24	5	0	273	54,6	24,8	
	10	pêcher	55	30	3	0	164	54,6	16,4	
	6	prunier	hibernants	24	3	0	88	29,3	14,6	
	6	abricotier	60	36	5	0	65	13,0	10,8	
Génération 2	13	amandier	hibernants	50	7	0	181	25,8	13,9	
	67	prunier	—	60	35	0	1 839	52,5	27,4	
Génération 3	8	abricotier	54	45	3	0	109	36,3	13,6	
	10	prunier	55	50	2	0	57	28,5	5,7	
	72	prunier	56	40	42	0	1 294	30,8	17,9	
	m + f									
	10 + 6*	abricotier	60	40	9	0	160	17,7	10,0	* : femelles sorties de génération 2
	m + f									
	27 + 45*	prunier	60	35	33	0	1 045	31,7	14,5	* : <i>idem</i>
Génération 4	15	abricotier	55	45	5	0	124	24,8	8,2	
	56	amandier	54	24	16	0	387	24,2	6,9	
	18	prunier	40	38	10	0	385	38,5	21,3	
	m + f									
	51 + 51*	amandier	45	33	29	0	959	33,0	9,4	* : femelles sorties de génération 3
	m + f									
	24 + 24*	abricotier	44	33	13	8	214	20,9	5,6	* : <i>idem</i>
	m + f									
	25 + 25*	prunier	38	30	8	0	329	41,1	6,5	* : <i>idem</i>
Génération 5	m + f									
	31 + 16*	prunier	53		8	2	435	54,6	9,2	* : femelles sorties de génération 4
	m + f									
	15 + 13*	amandier	hibernants		9	0	462	50,1	16,5	* : <i>idem</i>
	10	amandier	—		3	0	133	44,3	13,3	

Dans les régions atteintes l'ampleur des attaques augmente du printemps (avril) jusqu'en automne (septembre) et leur virulence dépend de la saison et de la durée du développement des populations de scolytes (fig. 1). Le cycle biologique (publication prochaine) du scolyte (de l'état adulte à l'état adulte) se poursuit pendant 8 à 10 semaines au printemps et pendant 5 à 6 semaines en été et en automne.

Le développement de grandes populations sur des arbres attaqués en été et en automne, est une conséquence de l'essaimage favorisé par les conditions climatiques adéquates, qui règnent en ces saisons. Les adultes éclos attaquent les mêmes arbres ou d'autres arbres et les peuplent de leur progéniture. On constate que certaines branches attaquées sont préférées aux autres et l'on peut voir souvent dans les plantations un arbre ou un groupe d'arbres attaqués partiellement, et les arbres se trouvant à proximité sont atteints ou intacts.

3. — *Population d'adultes femelles de scolyte méditerranéen*

Des adultes femelles séparées (une femelle seule dans un tube de verre) ayant été enlevées une à une des récipients immédiatement après leur sortie en l'absence du mâle (en tant que je sache, elles n'ont pas eu de contact avec les mâles) ont pondu dans les branches attaquées des œufs fertiles qui ont produit des adultes femelles uniquement (tabl. 10). Cette observation imprévue s'est reproduite lors des générations suivantes et est actuellement à l'étude.

Lorsque les femelles ont été mises en présence des mâles, des adultes femelles pour la plupart et un nombre restreint de mâles seulement, sont apparus à la quatrième et cinquième génération. Les femelles ne sont pas différentes de taille et de forme des femelles normales. Le nombre des descendants varie entre 13 et 54 par femelle. A présent on est déjà arrivé à la quinzième génération avec des populations uniquement d'adultes femelles.

L'apparition de populations uniquement d'adultes femelles n'a pas été signalée jusqu'ici dans cette espèce. BALACHOWSKY (1963) indique que ce phénomène n'a pas lieu chez les Scolytidae. On peut rapporter cette apparition à la thelytocie qui est une forme de parthénogénèse qui intervient lorsqu'il y a manque de mâles, ou que leur nombre et activité sexuelle sont faibles. Il est possible que dans notre espèce il y ait deux types de femelles et l'étude des populations pourrait aider à déterminer les causes de la formation de tels œufs. ZETHNER-MOLLER et RUDINSKY (1967) croient que des femelles vierges de *Dendroctonus pseudotsugae* pondent des œufs infertiles, tandis que ENTWISTLE (1964) prétend que des femelles non fécondées de *Xyleborus compactus* n'ont donné que des descendants mâles (Parthénogénèse arrhenotoque).

III. — CONCLUSIONS

Au cours de notre étude, nous avons rassemblé de nombreuses données sur la biologie, l'écologie, les variations du taux de la mortalité et de la natalité du scolyte méditerranéen. Une investigation a été pratiquée pour déterminer quels sont des arbres aptes à devenir les hôtes de scolytes attaquants et à permettre le développement de leur progéniture.

Les élevages au laboratoire nous ont permis de discerner une baisse du taux de multiplication après une certaine densité de la population. Cette baisse dépend davantage des températures, de l'humidité que de la plante-hôte.

Au point de vue écologique, on distingue deux phases dans le cycle évolutif et chaque phase correspond à une forme de vie propre à un milieu différent. La première phase comprend une période pendant laquelle l'insecte, dans ses différents stades vit sous l'écorce, sujet à l'influence de facteurs microclimatiques qui selon EVANS (1956) constituent une unité écologique (un écosystème) de petite dimension, se résumant, par exemple, à une fraction de branche. Durant la seconde phase l'insecte délaisse le biotope qui fut témoin de son développement, se déplace vers d'autres arbres et subit davantage l'influence de facteurs extérieurs macroclimatiques qui forment une unité écologique plus étendue qui atteint les dimensions d'une plantation tout entière.

Au cours de notre étude, on a observé l'apparition de populations uniquement d'adultes femelles ce qui n'a pas été signalé jusqu'ici dans cette espèce.

Reçu pour publication en avril 1975.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF SCOLYTIDAE.

I. — BEHAVIOUR OF DIFFERENT STAGES OF *SCOLYTUS* (*RUGULOSCOLYTUS*) *MEDITERRANEUS* EGGERS IN ISRAEL

Scolytus (*Ruguloscolytus*) *mediterraneus* EGGERS arouses great interest due to the damage it produces in deciduous fruit trees. It accomplishes its life cycle in galleries digged beneath the bark, protected from external conditions except for a short period of flight that secures population propagation. Some biological data are provided : different stages of behaviour, adult longevity and fecundity, progeny multiplication rate, and the occurrence female adults alone.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALACHOWSKY A. S., 1963. *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Masson éd. 1, 1 (2) 824 p.
- CHODJAI M., 1963. Étude écologique de *Ruguloscolytus mediterraneus* EGGERS (Col. Scolytidae) en Iran. *Rev. Pathol. Veg. Entomol. agr. Fr.*, **42**, 139-160.
- ENTWISTLE P. F., 1964. Inbreeding and arrhenotoky in the ambrosia beetle *Xyloborus compactus* (EICHH.). *Proc. R. entomol. Soc. Lond* (A), **39** (4-6), 83-88.
- EVANS F. C., 1956. Ecosystem at the basic unit in ecology *Science*, **123**, 1127-1128.
- HOPKINS A. D., 1915. Preliminary classification of the superfamily Scolytidae. *U. S. D. A. Ent. Tech.*, **17**, 165-232.
- VITE J. P., GARA R. I., 1961. A field method for observation on olfactory response of bark beetles to volatile materials. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **21**, 175-182.
- ZETHNER-MÖLLER O., RUDINSKY J. A., 1967. Studies on the site of sexe pheromone production in *Dendroctonus pseudotsugae*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **60**, 575-582.

NOUVELLES TECHNIQUES ADOPTÉES POUR L'ÉLEVAGE D'*OSTRINIA NUBILALIS* HUBNER SUR MILIEU ARTIFICIEL

R. T. GAHUKAR

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

Un élevage important de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HÜBNER) au laboratoire sur milieu artificiel a été mis au point à l'aide de techniques simples qui nous permettent d'avoir une production permanente. A base de semoule de maïs et de germe de blé (POITOUT et BUES, 1970), le milieu est de fabrication facile et de prix peu élevé. La survie (72 à 92 p. 100) et la durée d'évolution des larves (17 jours), le rendement en adultes normaux (65 à 75 p. 100), la fécondité des femelles (12 plaques/femelle) et le sex ratio observé (1 : 0,95) constituent des résultats satisfaisants qui nous encouragent à maintenir l'élevage de l'insecte selon la méthode adoptée.

INTRODUCTION

L'importance économique de la Pyrale du Maïs, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER (*Lepidoptera*, *Pyraustidae*) est mondialement connue et de nombreux travaux sont actuellement en cours pour enrichir les connaissances sur la biologie et l'écologie de la Pyrale, et pour améliorer la lutte contre le ravageur. L'élevage en masse est nécessaire afin de procéder à des infestations artificielles à une grande échelle pour étudier la sensibilité de variétés de maïs, et pour mener des essais de laboratoire concernant l'effet d'insecticides, de germes pathogènes ou d'agents stérilisants. Des élevages ont été essayés sur des aliments naturels, par exemple, sur des gousses de haricot (SURANY, 1957), ou des organes du maïs (ISA et KHADR, 1973). Les résultats ont été satisfaisants mais le matériel végétal n'est pas disponible pendant toute l'année, et le changement fréquent de nourriture pendant l'évolution larvaire néces-

site d'importantes manipulations. L'insecte a été par ailleurs élevé sur des milieux artificiels dit « méridiques » de composition relativement complexe (BOTTER, 1943 ; BECK *et al.* 1949 ; WRESSELL, 1955 ; BECTON *et al.*, 1962 ; GUTHRIE *et al.*, 1965 ; LEWIS et LYNCH, 1969). Comme pour d'autres lépidoptères, les auteurs s'orientent depuis quelques années vers la mise au point de milieux artificiels simples, comportant en majeure partie des substances végétales courantes et de prix peu élevé. C'est ainsi que de nouveaux milieux pour *O. nubilalis* sont à base de poudre de luzerne (NAGY, 1970), de haricot blanc (SALAMA, 1970), de poudre de maïs seule (obtenue à partir de feuilles et tiges de jeunes plants) ou additionnée de son de riz (ISA et KHADR, 1973), de semoule de maïs et germe de blé (PORTOUT et BUES, 1970). Mise au point pour des noctuelles, cette dernière formule simple a été déjà éprouvée et modifiée pour une production permanente d'*Ostrinia nubilalis* par GUENNELON et d'ARCIER à la Station de Zoologie de Montfavet (GUENNELON, communication personnelle). Nous avons essayé la même formule mais avec une présentation du milieu et un conditionnement des insectes différents, afin de quantifier l'influence de ce régime sur les caractères du développement des larves et des chrysalides, la fécondité et la longévité des imagos. Le présent travail est consacré à la description des nouvelles techniques adoptées et à la discussion des résultats obtenus.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — Milieu artificiel

Les modifications apportées à la formule de PORTOUT et BUES (1970) concernent l'abaissement de la dose d'agar à 4 grammes et l'élévation des teneurs en substances antimicrobiennes à 0,30 grammes pour l'acide benzoïque et 0,25 grammes pour la nipagine, ainsi que l'adjonction d'une petite quantité de formol (0,35 ml), ces modifications semblent apporter une plus grande asepticité, tout en ne montrant pas d'effets défavorables sur le développement des chenilles. La diminution de la quantité d'agar à 4 g offre un aussi bon résultat du point de vue de la consistance. La fabrication du milieu est analogue à celle décrite par les auteurs cités ci-dessus.

2. — Élevage des différents stades

La souche a été prélevée en 1972 dans la production permanente de la Station de Zoologie de Montfavet où la Pyrale du Maïs est élevée sur alimentation artificielle et maintenue depuis 1965.

a) Adultes.

Les papillons sont récoltés chaque jour et placés par groupes (30 mâles et 30 femelles) dans des cages cylindriques grillagées (20 × 16 cm) à couvercles également grillagés sur lesquels sont appliqués un papier cristal puis un papier filtré humidifié. Une cloche recouvre le tout et permet de garder une humidité satisfaisante (fig. 1). Deux à trois jours après leur émergence, les femelles pondent sur le papier cristal ainsi que sur les feuilles de papier déposées dans les cages. Celles-ci sont ensuite rangées dans des plateaux dont le fond est tapissé de sable mouillé afin de maintenir un environnement humide. Lorsque les adultes sont très nombreux, nous utilisons de préférence de grandes cages parallélépipédiques (60 × 30 × 30 cm) afin d'obtenir de manière simple une forte production journalière d'œufs (fig. 2). Ces cages sont de type analogue à celles utilisées par GUTHRIE *et al.* (1965) ou par GUENNELON et SORIA (1973) pour la Pyrale du Riz. Une feuille de papier cristal est placée sur le plafond de la cage et recouverte de tissu éponge synthétique mouillée abondamment. Les papillons sont nourris avec de l'eau sucrée (à 5 p. 100 de miel) dans une boîte abreuvoir en plastique remplie de coton. Chaque jour les cages sont pulvérisées avec de l'eau. Les adultes vivent une à deux semaines en moyenne. Les

papiers sur lesquels s'effectue la ponte sont traités avec une solution à 2 p. 100 d'acide sorbique dans 95 p. 100 d'alcool éthylique pendant 2 à 3 minutes puis rincés à l'eau courante pendant 5 à 10 minutes, afin d'éviter le développement de moisissures. Ce traitement n'a aucun effet

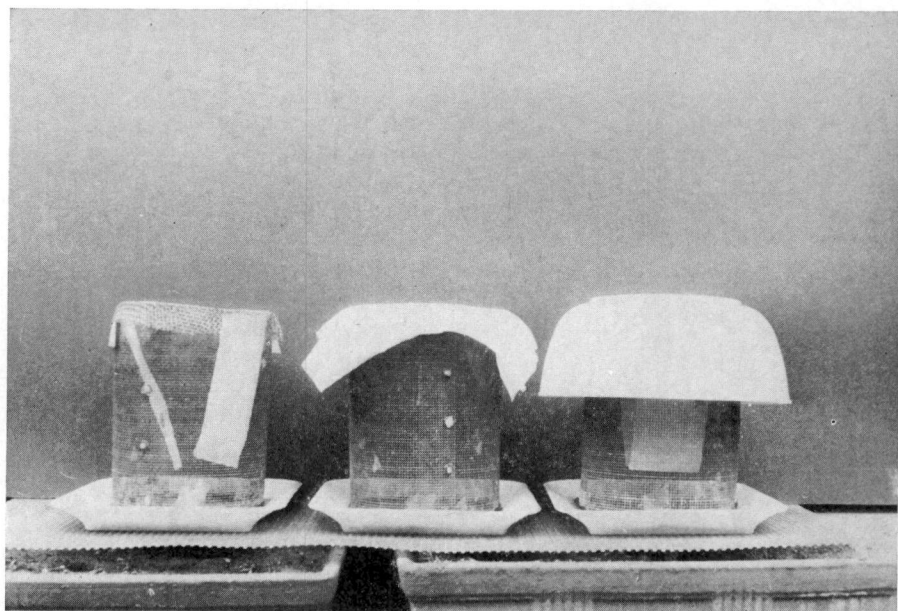


FIG. 1. — Cages d'élevage des adultes pour la ponte d'*Ostrinia nubilalis*

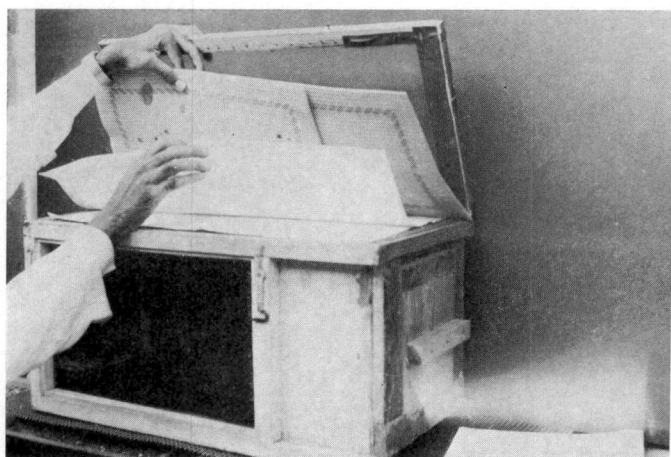


FIG. 2. — Grande cage pour les élevages de masse

défavorable sur l'éclosion des œufs. Les papiers une fois séchés, sont insérés dans des feuilles de papier filtre humide et mis dans des boîtes cylindriques en plastique (12 × 9 cm) (fig. 3). L'atmosphère humide maintenue dans les boîtes facilite l'incubation et l'éclosion des œufs (fig. 4). Toutefois, il faut éviter un excès d'humidité qui favorise la croissance de moisissures sur les ooplaques.

Les pontes déposées sont prélevées tous les un ou deux jours (selon la nécessité) et les papiers remplacés. Les œufs éclosent un jour après le stade « Black head stage » qui correspond à l'apparition des capsules céphaliques noires des futures larves.

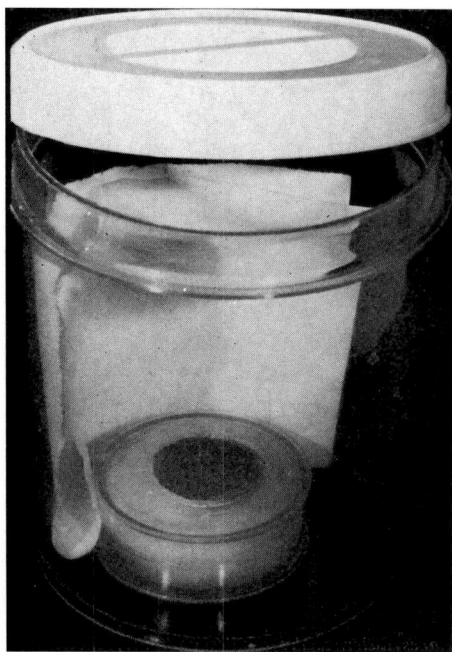


FIG. 3. — Boîte d'incubation d'œufs d'*Ostrinia nubilalis*

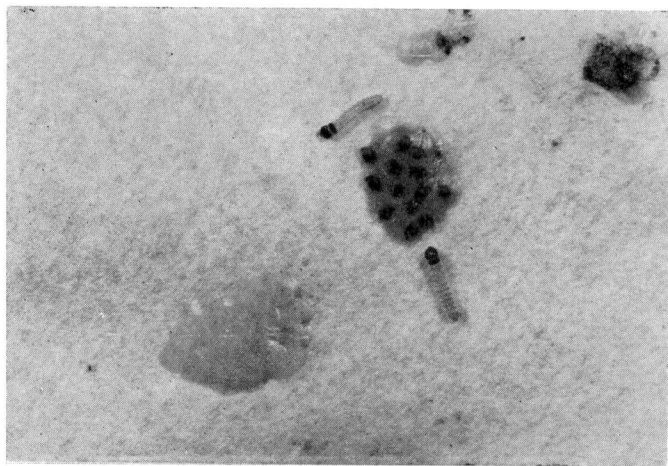


FIG. 4. — Oöplagues et chenilles nouveau-nées d'*Ostrinia nubilalis*

b) *Chenilles*.

Le milieu est placé le long des bords intérieurs d'une boîte en plastique ($20 \times 8 \times 2,5$ cm). Il est souhaitable de désinfecter les boîtes avant leur utilisation par lavage dans un liquide antiseptique plutôt que de les stériliser, car on ne peut employer les méthodes traditionnelles de

stérilisation (autoclavage, etc.) Les chenilles nouveau-nées sont déposées facilement sur le milieu à l'aide d'un pinceau fin. Une fermeture étanche des boîtes est très importante car les chenilles se déplacent beaucoup pendant environ 24 heures.

Cette difficulté peut être surmontée en couvrant les boîtes de papier noir pendant 2 jours, ce qui a pour effet de diminuer la mortalité des larves nouveau-nées. REED *et al.* (1972) utilisent des boîtes couvertes à moitié de leur hauteur par un papier noir. Une semaine après les chenilles sont transférées avec du milieu frais dans de grandes boîtes en plastique grillagées ($27 \times 13,5 \times 9$ cm) (fig. 5). A la fin du développement larvaire, on place à l'intérieur des boîtes, des bandes de papier ondulé traité par une solution mycostatique (3,5 g d'acide sorbique dans 100 ml d'alcool éthylique à 95 p. 100) de la façon décrite par REED *et al.* (1972). Ce traitement facilite la nymphose et évite le développement de moisissures sur le papier. Le milieu nutritif est remplacé aussi souvent que son état sanitaire l'exige.

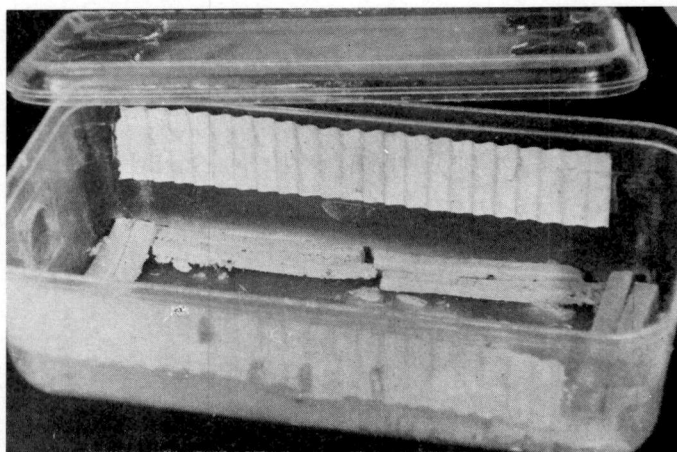


FIG. 5. — Boîte pour l'élevage des chenilles âgées d'*Ostrinia nubilalis* sur milieu artificiel (les bandes de papier ondulé sont destinées à la nymphose)

c) Nymphes.

Les chrysalides sont retirées du papier ondulé et déposées sur du sable fin (ou du papier filtre) humidifié dans une boîte en plastique aérée ($15 \times 9 \times 7$ cm).

3. — Conditions d'élevage

Sauf pour les adultes, l'élevage de la Pyrale est conduit dans une salle climatisée à 28°C , 70-80 p. 100 HR et 16 h/8 h de photopériode. L'élevage des papillons est effectué à $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 60-70 p. 100 HR et 16 h/8 h de photopériode. Cette abaissement de température à 24°C est favorable à une bonne longévité des imagos et une importante fécondité des femelles. Les critères d'élevage évalués dans cette étude sont :

- le taux d'émergence des adultes,
- le sex ratio,
- la fécondité des femelles,
- l'éclosion des œufs,
- le pourcentage de survie larvaire après 20 jours,
- le taux de nymphose après 20 jours,
- et le poids des chrysalides 24 heures après leur formation.

Nous nous sommes limités à 20 jours car la plupart des chenilles se nymphosent dans ce délai.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Grâce à la technique décrite ci-dessus, l'élevage de la Pyrale est maintenu au laboratoire depuis près de deux ans avec un bon rendement et une production relativement importante.

Concernant les papillons, on remarque que le rendement en adultes normaux obtenu atteint 65 à 75 p. 100, par rapport aux larves nouveau-nées installées. Le sex-ratio (mâle : femelle) est de l'ordre de 1 : 0,95 dans les lots de papillons obtenus pendant 3 générations successives. La proportion de mâles est un peu plus forte que celle notée par NAGY (1970) dans l'élevage sur milieu à base de poudre de luzerne. La longévité des adultes varie d'une à deux semaines et les femelles vivent plus longtemps que les mâles. Les femelles déposent leurs œufs en groupes de 8 à 16 ooplaques/femelle, comportant 20 à 30 œufs en moyenne. NAGY (1970) obtient 8 à 22 ooplaques. La fécondité des adultes et la viabilité des œufs sont satisfaisantes. Le taux d'éclosion des chenilles est important (80 à 90 p. 100). La durée d'incubation est de 3 à 4 jours en moyenne, mais on observe parfois que les chenilles d'une même ooplaque n'éclosent pas toutes le même jour.

TABLEAU I

*Taux de survie des chenilles
et taux de nymphose 20 jours après la mise en élevage*

Pourcentage	Nombre de chenilles/boîte		
	50	100	150
Survie larvaire	92,00	75,00	72,33
Nymphose ⁽¹⁾	80,43	80,35	65,44

⁽¹⁾ Pourcentage par rapport aux chenilles survivantes.

L'examen du tableau 1 nous permet de conclure qu'une trop grande densité de chenilles entraîne une très forte mortalité. Il est préférable de mettre seulement une cinquantaine de chenilles par boîte. On constate en outre que cette mortalité est élevée surtout chez les très jeunes larves. Dans le cas où la quantité de milieu est insuffisante, le cannibalisme intervient : les chenilles âgées dévorent les plus jeunes ou quelquefois les chrysalides. Dans notre élevage, la mortalité est un peu plus élevée que celle observée sur le milieu à poudre de luzerne (NAGY, 1970).

Les chenilles se nymphosent en moyenne après 17 jours, mais la durée minimale de l'évolution larvaire est de 14 jours. Quelques chenilles exigent 20 jours pour terminer leur développement et l'on note dans ce cas des mues surnuméraires. En

outré, lorsque des moisissures se développent sur le milieu, des larves meurent ou bien leur développement est ralenti ; elles ont une taille réduite et se nymphosent difficilement. Les papillons provenant de ces chrysalides sont plus petits, souvent malformés et inféconds.

Le taux de nymphose dépend aussi du nombre de chenilles installées par boîte. Il est évalué à 65,44 p. 100 pour 150 chenilles au lieu de 80,43 p. 100 en moyenne pour les lots de 50 chenilles. L'évolution nymphale dure de 6 à 8 jours en moyenne. Le poids des chrysalides mâles est en moyenne de 56,5 mg (42,4-69,3 mg) et celui des femelles de 63,6 mg (53,1-99,5 mg). On n'observe pas de mortalité nymphale importante dans l'ensemble.

Il n'y a pas de diapause dans les conditions de température, humidité et photopériode utilisées ici, et la durée totale d'une génération varie de 30 à 40 jours. En utilisant toujours les premières pontes déposées, il est possible de produire au moins 11 à 12 générations par an.

De manière générale, les techniques utilisées donnent satisfaction, puisqu'elles ont permis l'élevage d'une vingtaine de générations successives sans baisse apparente de rendement. L'aliment artificiel utilisé offre l'avantage d'être simple à préparer et peu coûteux. La technique d'installation des jeunes larves sur de faibles quantités de milieu puis leur passage, une semaine plus tard, sur du milieu frais, permet de minimiser les pertes d'aliment et les risques d'altération. En outre, ce transfert dans des boîtes d'élevage spacieuse offre aux larves âgées des possibilités de déplacements favorables à l'achèvement de leur évolution, et permet d'éviter le cannibalisme.

Cependant, les techniques d'élevage ici adoptées exigent plus de temps de manipulation que celles appliquées par GUENNELON et d'ARCIER qui laissent les larves effectuer tout leur développement dans une même boîte, contenant un milieu coulé. En particulier, le transfert des larves doit être exécuté avec un grand soin pour éviter de les blesser ou de les tuer ; il est conseillé de les prélever avec leur milieu. Par ailleurs, l'expérience acquise des élevages d'insectes prouve que toutes les opérations d'ouverture de boîtes d'alimentation, de transfert de larves et de milieu, etc. multiplient les risques de contamination et d'envahissement du milieu par des moisissures, levures et bactéries. Or, il importe de maintenir un excellent état sanitaire dans un élevage permanent.

CONCLUSION

Le milieu artificiel à base de semoule de maïs et de germe de blé se montre nutritif et favorable à la survie et à la croissance des chenilles et ultérieurement donne des adultes normaux et féconds. La viabilité des œufs est elle aussi satisfaisante. Après avoir gardé la même souche pendant à peu près 2 ans, aucune diminution de vigueur n'a été observée au cours des générations successives. Ce milieu est peu coûteux et facile à préparer. Ses composants sont toujours disponibles de sorte que les techniques décrites permettent un élevage permanent en laboratoire toute l'année.

Reçu pour publication en juin 1975.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à M. le Professeur LE BERRE, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay et à M. MOREAU, Maître de Recherches au C. N. R. A. de Versailles pour les conseils qu'ils m'ont prodigués tout au cours de ce travail, à M^{me} GUENNELON (Station de Zoologie d'Avignon) qui m'a fourni la souche de Pyrale en m'initiant à ses propres techniques d'élevage, et qui a bien voulu relire le manuscrit.

SUMMARY

NEW TECHNIQUES ADOPTED FOR THE REARING
OF *OSTRINIA NUBILALIS* HÜBNER (LEPIDOPTERA, PYRAUSTIDAE)
ON ARTIFICIAL DIET

A successful laboratory rearing of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* HÜBNER) on artificial diet is described. The simple technique permits to obtain continuous eggs production. The diet containing maize meal and wheat germ (POITOUT and BUÈS, 1970) is easily prepared and less costly. The survival (72-92 p. 100) and development period of larvae (17 days), normal emergence of adults (65-75 p. 100), fecundity of females (12 egg masses/female) and observed sex-ratio (1 : 0.95) are the satisfactory results which encourage us to maintain the rearing of this insect as per the method adopted.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BECK S. D., LILLY J. H., STAUFFER J. F., 1949. Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HBN.). I. Development of a satisfactory purified diet for larval growth. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **42**, 483-496.
- BECK S. D., CHIPPENDALE G. M., SWINTON D. E., 1968. Nutrition of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. VI. A larval rearing medium without crude plant fractions. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 459-462.
- BOTTGER G. T., 1942. Development of synthetic food media for use in nutrition studies of the European corn borer. *J. Agr. Res.*, **65**, 493-500.
- GUENNELON G., SORIA F., 1973. Mise au point au laboratoire d'un élevage permanent de la Pyrale du Riz, *Chilo suppressalis* WALKER (Lepidoptera, Pyralidae) sur milieu artificiel. *Ann. Zool.-Écol. Anim.*, **5**, 547-458.
- GUTHRIE W. D., RAUN E. D., DICKE F. F., PESHO G. R., CARTER S. W., 1965. Laboratory production of European corn borer eggmasses. *Iowa State J. Sci.*, **40**, 65-83.
- ISA A. L., KHADR G. D., 1973. Rearing of *Ostrinia nubilalis* (HBN.) on artificial diet. *Agric. Res. Rev.*, **51**, 15-19.
- LEWIS L. C., LYNCH R. E., 1969. Rearing the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (HÜBNER) on diets containing corn leaf and wheat germ. *Iowa State J. Sci.*, **44**, 9-14.
- NAGY B., 1970. Rearing of the European corn borer. (*Ostrinia nubilalis* HBN.) on a simplified artificial diet. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **5**, 73-79.
- POITOUT S., BUÈS R., 1970. Élevage de plusieurs espèces de Lépidoptères Noctuidae sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool.-Écol. Anim.*, **2**, 79-91.
- REED G. L., SHOWERS W. B., HUGGANS J. L., CARTER S. W., 1972. Improved procedures for mass rearing the European corn borer. *J. Econ. Entomol.*, **65**, 1472-1476.
- SALAMA H. M., 1970. Rearing the corn borer, *Ostrinia nubilalis* (HBN.) on a semi-artificial diet. *Z. Angew. Entomol.*, **65**, 216-218.
- SURANY P., 1957. Continuous mass rearing of the European corn borer in the laboratory. *Biol. notes* n° 37 Nat. Hist. Surv. Divis. Urbana, **37**, 111.
- WRESSELL H. B., 1955. Rearing the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HBN.) on an artificial diet. *Ann. Rept. Entomol. Soc. Ontario*, **86**, 10-13.

RECHERCHES PRÉLIMINAIRES SUR LES SUBSTANCES ÉMISES PAR LE POIREAU (*ALLIUM PORRUM* L.) ET STIMULANT LA PONTE DE LA TEIGNE (*ACROLEPIA ASSECTELLA* ZELL.)

Josette BOSCHER

Laboratoire d'Écologie expérimentale,
Université François-Rabelais de Tours,
Parc Grandmont,
37200 Tours

RÉSUMÉ

Le Poireau (*Allium porrum* L.) et la Teigne (*Acrolepia assectella* ZELL.) constituent un exemple d'interaction allelochimique et de co-adaptations co-évolutives.

L'émission d'œufs par les ♀ de teignes étant très faible en l'absence d'Alliacées, la ponte pourrait constituer un bon test biologique des stimuli volatils émis par le Poireau et actifs sur la Teigne.

Les substances volatiles, exhalées seulement pendant les deux heures suivant la coupure des feuilles de poireaux, stimulent en effet l'émission d'œufs par les ♀ inséminées. Par contre, elles ne modifient pas significativement le nombre de ♀ aptes à pondre en absence de Poireau.

Ceci met en évidence l'insuffisance des substances volatiles du Poireau dans la dynamique de la population de Teignes et la nécessité de signaux complémentaires, tels que le contact physique ou chimique avec la feuille de Poireau qui constitue une meilleure assurance pour le développement larvaire.

Le Poireau et les Alliacées d'une façon générale ne sont attaqués que par peu d'espèces phytophages et la Teigne du poireau (*Acrolepia assectella* ZELL.) est considérée comme spécifique de ces plantes (LABEYRIE, 1966). Il s'agit donc d'un cas d'allélochimie où l'organisme d'une espèce (le Poireau) affecte la croissance, le comportement et la biologie de la population d'une autre espèce (la Teigne). Des interactions analogues ont déjà été décrites chez d'autres insectes mono ou oligophages (SONDHEIMER, 1970 ; WHITTAKER, 1971). Il est à remarquer que ces insectes se développent le plus souvent sur des plantes renfermant en grande quantité des substances du métabolisme secondaire (alcaloïdes des Seneçons : APLIN, BENN

et ROTHSCILD, 1968, substances odoriférantes des Crucifères et des Ombellifères : FRAENKEL, 1959). En ce qui concerne les Alliées, elles émettent des sulfures d'alcoyle caractéristiques.

Par ailleurs, chez *Acrolepia assectella*, les larves s'acquittent essentiellement des fonctions trophiques alors que l'adulte doit assurer exclusivement la reproduction et la propagation de l'espèce. Au cours de l'évolution, il est donc vraisemblable que la sélection se soit faite en faveur des adultes qui choisissent un lieu de ponte permettant un développement larvaire optimal. On peut alors émettre l'hypothèse d'une co-évolution entraînant des co-adaptations entre la Teigne (aux stades larvaire ou adulte) et les Alliées. L'émission d'œufs par les femelles de teignes étant très faible en l'absence d'Alliées (CADEILHAN, 1965), la ponte nous a semblé pouvoir constituer un bon test biologique des stimuli volatils émis par le Poireau et actifs sur la Teigne.

MATÉRIEL ET MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Pour réaliser ce test un modèle expérimental a été standardisé. Il consiste en un système clos (fig. 1) de 106 cm³ comprenant 2 compartiments très inégaux (A $\gg$ B). Ces 2 compartiments sont séparés par un fin treillis recouvert du côté A d'un buvard percé de trous et humidifié chaque jour par 0,2 ml d'eau désionisée pendant toute la durée de l'expérience. Le diamètre de la maille du treillis et des perforations dans le buvard est de l'ordre de 0,3 mm, c'est-à-dire inférieur à celui des pattes de teigne. Le compartiment A contient 1 ♀ d'*Acrolepia assectella* ZELL, âgée de 48 à 50 heures, ayant préalablement séjourné 24 heures avec un mâle, de même âge, élevé dans les mêmes conditions, en absence de poireau. Étant donné la grande variabilité individuelle dans le nombre d'œufs émis par les ♀ inséminées, il s'est avéré nécessaire d'expérimenter sur des lots de ♀ isolées. Le compartiment B renferme des fragments de poireaux. Un tel dispositif permet de tester exclusivement les substances volatiles émises par le Poireau en éliminant les stimulations gustatives et tactiles qui sont loin d'être négligeables dans l'émission d'œufs des ♀ de teignes (THIBOUT, 1974).

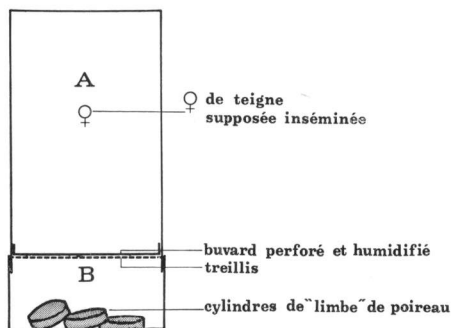


FIG. 1. — Dispositif expérimental

Le système contenant la Teigne, supposée inséminée, et les fragments de poireaux est abandonné 7 jours dans les conditions d'élevage des teignes au laboratoire (25°C $\pm$ 1° constant, photopériode de 14 heures sur 24 d'une intensité lumineuse de 3 400 lux, hygrométrie relative de 70 p. 100 $\pm$ 5 p. 100. Dans ces conditions, 99 p. 100 des œufs sont pondus au bout de 8 jours. Les œufs sont alors comptés et les ♀ disséquées afin de vérifier leur insémination.

Les teignes utilisées dans ces expériences proviennent d'une souche dont les adultes sont mises à pondre sur plastique gaufré vert, frotté de feuilles de poireaux et dont les larves se développent dans un milieu artificiel contenant essentiellement de la semoule de maïs, du germe de blé et de la poudre de feuilles de poireaux séchées (PRALAVORIO, ARAMBOURG et GUENNELON, 1973).

Les fragments de poireaux sont faits à l'emporte pièce de diamètre $\varnothing = 20$ mm dans la zone aplatie des feuilles de poireaux (« limbe »). Étant donné l'épaisseur variable des feuilles, les disques sont pesés rapidement avant leur mise en expérience de façon à maintenir la surface de coupe à peu près constante pendant toute la durée de l'expérience. Les poireaux utilisés sont des cultivars Malabare de chez Clause, cultivés dans les conditions naturelles habituelles, non traités par des pesticides.

Des essais de chromatographie des gaz d'une enceinte close placée à 25° (température à laquelle est effectué le test biologique) et renfermant des disques de feuilles après des temps variables après la coupure, permettent de vérifier l'existence ou non d'une émission de substances volatiles. Les conditions opératoires sont inspirées de celles du « head space » déjà décrites pour les sulfures d'alcoyle (SAGHIR *et al.*, 1964) et les alcools (DOIREAU, 1972) :

- colonne d'acier inoxydable contenant de l'éthyl-vinyl-benzène polymérisé « Porapak Q. S. » (longueur : 1,80 m ; diamètre intérieur : 0,635 mm) ;
- t° de la colonne : 130°C ;
- t° de la veine d'injection : 170°C ;
- t° du détecteur : 190°C ;
- gaz vecteur : azote R (débit 60 ml/mn) ;
- chromatographe à ionisation de flamme : Hewlett Packard type 57-50 ;
- prélèvement de 10 ml de gaz entourant les coupures à l'aide d'une seringue étanche par perforation à travers un bouchon à jupe rabattable en versilic, obturant l'enceinte close qui renferme les disques de feuilles.

RÉSULTATS

La comparaison du nombre moyen d'œufs émis par une ♀ a porté sur les lots suivants :

lot *a* : Témoin. Rien dans le compartiment B ;

lot *b* : 1 g de « limbe » de poireau sous forme de disques placés rapidement après le découpage dans le compartiment B. Ces disques de feuilles sont renouvelés chaque jour pendant toute la durée de l'expérience ;

lot *c* : 1 g de « limbe » de poireau sous forme de disques placés 2 heures après leur découpage, dans le compartiment B. Ces mêmes disques sont conservés pendant toute la durée de l'expérience sans qu'il soit observé de cicatrisation ni de fermentations par suite vraisemblablement de la présence de substances bactéricides connues depuis Pasteur chez les *Allium* (PEYRE, 1948). Les chromatogrammes du gaz entourant ces disques foliaires montrent que, 2 heures après la coupure, l'émission des substances volatiles est très réduite (fig. 2).

Le tableau 1 montre que :

- 1 : la présence de fragments de « limbe » de poireau ne modifie pas significativement le nombre de ♀ pondeuses ($\chi^2 = 2,02$ soit $0,1 < \alpha < 0,2$) ;
- 2 : la proximité de fragments de « limbe » de poireau fraîchement coupés, c'est-à-dire émettant en grande quantité des substances volatiles, modifie très significativement ($t = 3,07$) le nombre moyen d'œufs émis par ♀ pondeuse ;
- 3 : lorsque les coupures n'émettent que très faiblement la ponte n'est pas significativement modifiée ($t = 0,63$).

Par conséquent, les substances exhalées immédiatement après la coupure de la feuille de Poireau stimulent la ponte d'un certain nombre de teignes mises en expérience.

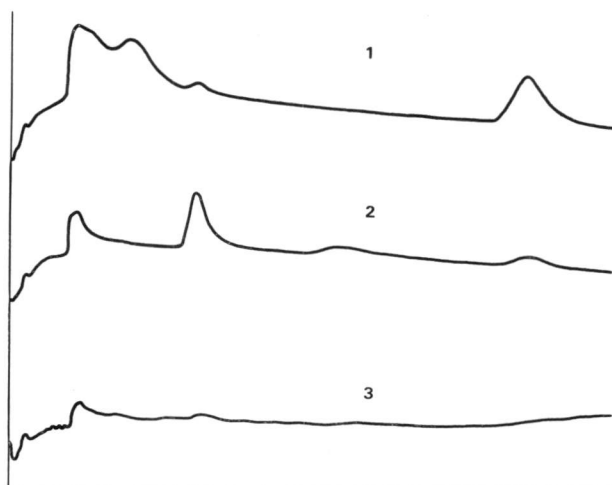


FIG. 2. — Chromatogrammes obtenus dans les mêmes conditions avec les gaz exhalés à 25°C par une même surface de coupe dans un « limbe » de poireau

- 1 : Prélèvement aussitôt la coupure
2 : Prélèvement 1 heure après la coupure
3 : Prélèvement 2 heures après la coupure

TABLÉAU I

Pontes des différents lots de ♀ (expériences de juin 1974)

Les tests t entre les différents lots donnent les résultats suivants

$a-b : t = 3,07$ soit $0,001 < \alpha < 0,01$	Très significatif
$a-c : t = 0,63$ $0,5 < \alpha < 0,9$	Non significatif
$b-c : t = 2,86$ $0,001 < \alpha < 0,01$	Très significatif

Lots de ♀ en expérience	Nbre de ♀ en expérience	Nbre de ♀ inséminées	Nbre de ♀ ayant pondu	Nbre d'œufs total	Nbre d'œufs moyen/♀	s^2
<i>a</i>	39	28	19	92	4,8	17
<i>b</i>	32	21	21	536	25,5	801
<i>c</i>	37	27	19	114	6	43

DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

1. — Valeur du test biologique utilisé ici

Les résultats significatifs énumérés ci-dessus montrent que la ponte peut constituer un test des substances émises par le Poireau.

Toutefois les réponses obtenues avec cette méthode expérimentale concernent exclusivement les ♀ aptes à pondre en absence de poireaux. Or, comme nous avons pu le constater au cours de nos expériences, le pourcentage de ces ♀ dans la popu-

lation de teignes varie très fortement au cours des générations. Il peut même être inférieur à 25 p. 100 des individus échantillonnés dans la population. Cette constatation qui entraîne une faible rentabilité de l'expérimentation ne met pas en cause le test lui-même mais le matériel biologique utilisé. Une sélection dans l'élevage de teignes sur leur aptitude à pondre en absence de poireau améliorerait certainement les résultats. Toutefois, la ponte étant la réponse ultime à un grand nombre de stimuli (plus ou moins contrôlés) agissant sur des fonctions en amont de l'émission des œufs (production ovarienne par exemple), il est vraisemblable que la variabilité de la ponte restera grande. Un test biologique situé à l'entrée des stimuli (réactions antennaires par exemple) donnerait sans doute des réponses plus homogènes mais permettrait seulement de savoir si le signal chimique en provenance du poireau est reçu, sans savoir s'il est utile.

2. — *Origine des substances émises par le poireau et stimulant la ponte de la teigne*

Malgré ces critiques, ce test a permis de mettre en évidence le rôle des lésions de la feuille dans l'exhalation des substances stimulant la ponte des teignes. Étant donné la nécessité d'une coupure fraîche, on peut penser que les substances ainsi émises sont des sulfures d'alcoyle. On sait en effet que les substances volatiles lacrymogènes d'*Allium cepa* L. sont libérées lors des coupures, par action d'une C-S lyase sur un précurseur stable, non volatil : le sulfoxide S-propenyl L-cysteine (VIRTANEN, 1967). Enzyme et substrat coexistent dans les cellules intactes. La rupture cellulaire permet la réaction enzymatique. Récemment, il a été montré qu'un processus analogue existait chez le Poireau (BONNET, NIVIÈRE et LABEYRIE, 1974).

La séparation chromatographique et l'identification des sulfures émis par le Poireau couplés à des tests sur la teigne permettront de préciser la nature des substances stimulantes.

Quoi qu'il en soit ces expériences mettent en évidence l'insuffisance des substances volatiles du Poireau dans la dynamique de la population de Teignes et la nécessité de signaux complémentaires, tels que le contact physique ou chimique avec la feuille de Poireau, qui constitue une meilleure assurance pour le développement larvaire.

Reçu pour publication en juin 1975.

SUMMARY

PRELIMINARY RESEARCH ON THE SUBSTANCES EMITTED BY LEEK (*ALLIUM PORRUM* L.) AND STIMULANT FOR EGG LAYING OF MOTH (*ACROLEPIA ASSECTELLA* ZELL.)

The leek (*Allium porrum* L.) and moth (*Acrolepia assectella* ZELL.) constitute an example of allelo-chemical interaction and co-evolutionary co-adaptations.

The egg laying by the female moths is very less in absence of alliaceous plants. Thus, it would be a good biological test for volatile stimuli given out by leek plant and which are active on this moth.

The volatile substances emitted even during 2 hours after cutting the leek leaves, in fact, stimulate the egg laying of copulated females. On the contrary, these substances do not modify significantly the number of females ready to lay eggs in absence of leek.

This proves an insufficiency of volatile substances of leek in the population dynamics of the moth and the necessity of complementary signals such as, physical or chemical contact with the leek leaves, which provides a better assurance for the larval development.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APLIN R. T., BENN N. M., ROTHSCHILD M., 1968. Poisonous alkaloids in the body tissues of Cinnabar Moth (*Callimorpha jacobea* L.). *Nature*, **219**, 747-748.
- BONNET R., NIVIÈRE P., LABEYRIE V., 1974. Caractérisation d'amino-acides sulfoxides dans la gaine et les limbes d'*Allium porrum*. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **279**, 1919-1921.
- CADEILHAN L., 1965. Stimulation de la ponte d'*Acrolepia assectella* ZELL. par la présence de la plante-hôte. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **261**, 1910-1913.
- DOIREAU P., 1972. Exhalation d'alcools et d'autres substances volatiles en rapport avec le catabolisme fermentaire, au cours de la germination du haricot. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **274**, 383-386.
- FRAENKEL G. S., 1959. The « raison d'être » of Secondary Plant substances. *Science*, **129**, 1466-1470.
- LABEYRIE V., 1966. In BALACHOWSKY A. S., *Entomologie appliquée à l'agriculture*, Tome II, vol. 1, 233-249, Masson et Cie, Paris.
- PEYRE P., 1948. *Les Oignons et les Allium*. 133 pages, Paul Lechevalier, Paris.
- PRALAVORIO R., ARAMBOURG Y., GUENNELON G., 1973. Essai de mise au point d'un élevage permanent d'*Acrolepia assectella* ZELL. sur milieu artificiel. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **5** (4), 569-580.
- SAGHIR A. R., MANN L. K., 1964. Determination of aliphatic mono and disulfide in Allium by gas chromatography and their distribution in the common food species. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **84**, 386-398.
- SONDHEIMER E., SIMEONE J. B., 1970. *Chemical ecology*, 58-60, Academic Press, New York.
- THIBOUT E., 1974. Influences respectives de la plante-hôte et de la copulation sur la longévité, la ponte, la production ovarienne et la fertilité des femelles d'*Acrolepia assectella* ZELL. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **6** (1), 81-96.
- VIRTANEN A. I., 1967. Studies on organic sulphur compounds and other labile substances in plants. *Bibl. « Nutritio et dieta »*, vol. 9, 1-17.
- WHITTAKER R. H., FEENY P. P., 1971. Allelochemicals : chemical interactions between species. *Science*, **82**, 757.

**ÉCHANTILLONNAGE
DES POPULATIONS DE VERS BLANCS
DE *PHYLLOPHAGA PATRUELOIDES* PAULIAN
(*COLEOPTERA : SCARABAEIDAE*)
PAR LA MÉTHODE DE L'ANALYSE PROGRESSIVE
ET PRÉVISION DES DÉGÂTS DANS LES CULTURES
DE CANNE A SUCRE EN GUADELOUPE**

L. GRUNER ⁽¹⁾

avec la collaboration technique de D. MARIVAL

*Station de Zoologie et de Lutte biologique, I. N. R. A.,
Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)*

RÉSUMÉ

Les populations de vers blancs du petit Melolonthide *P. patrueloides* dans la canne à sucre sont étudiées afin de mettre au point une méthode de prévision des dégâts.

La distribution des larves suit la loi binomiale négative et une méthode d'échantillonnage utilisant l'analyse progressive est adaptée à cette espèce, permettant de classer le niveau de population en faible, moyen ou élevé avec un nombre restreint de prélèvements. L'automne est la meilleure époque pour les sondages, mais les dégâts sont déjà commis. Ceux-ci sont évalués par la diminution de la pousse de la canne et du nombre de tiges dans chaque touffe.

Les femelles pondent en mai dans des parcelles récoltées en début de saison. Aussi la comparaison de la situation des parcelles attractives au moment du vol des adultes et des populations d'insectes localisés au moyen de pièges à phénol permet de prévoir celles qui sont susceptibles de subir des dommages dans les mois qui suivent.

L'intérêt et les possibilités d'utilisation de la table d'analyse progressive sont discutés.

Au cours des dix dernières années, une recrudescence des attaques de vers blancs a été constatée dans les champs de canne à sucre de l'Est de la Grande Terre, en Guadeloupe, dans la région de Gardel. En 1956, BENARD note la présence du

(¹) Adresse actuelle : I. N. R. A., Station de Lutte biologique, La Minière, 78000 Versailles (France).

Curculionide *Metamasius hemipterus* L. dont les larves âgées creusent des galeries à la base des tiges, et surtout du Dynastide *Ligyris cuniculus* F. Les adultes de cette espèce sont attirés par les fragments de tige servant de bouture lors de la plantation des parcelles, et les galeries qu'ils y creusent ainsi que celles de leurs larves entraînent la mort d'un grand nombre de boutures. Toutefois, les larves sont avant tout saprophages et se développent dans le terreau issu des feuilles de canne laissées sur place lors de la récolte. La technique du brûlage des champs au moment de la récolte est de plus en plus répandue dans les cultures des grandes propriétés, aussi l'absence de déchets organiques limite maintenant la multiplication de cette espèce.

D'AGUILAR et BONFILS (1962), puis BONFILS (1963) citent parmi les déprédateurs fréquents de la canne un Melolonthide, *Phyllophaga patrueloides*, décrit en Guadeloupe par PAULIAN (1947) ; le Centre Technique de la Canne et du Sucre signale à partir de 1964 des dégâts de ce ravageur suffisamment importants pour justifier une lutte chimique (LEMAIRE, 1968).

Outre *P. patrueloides*, on peut trouver dans les mêmes parcelles les larves du Dynastide *Cyclocephala tridentata* F. mais la première espèce est de beaucoup la plus répandue. Nous avons observé dans les plantations de l'usine Gardel, en 1967 et surtout en octobre 1968, de nombreux dégâts soit localisés en forme de tache, soit répartis de façon plus diffuse, où les cannes sont nettement plus courtes que celles de l'ensemble du champ environnant. L'année ayant été particulièrement sèche, certaines de ces taches localisées au sommet des ondulations du relief étaient dues à un déficit hydrique, l'eau des rares pluies s'écoulant vers les fonds. La présence de nombreux vers blancs consommant les racines des cannes dans les autres « taches » nous a incité à étudier les facteurs déterminant la répartition des zones infestées et leur évolution dans le temps, certaines parcelles fortement attaquées une année ne l'étant plus l'année suivante. Après avoir situé l'époque d'activité des adultes et les lieux de ponte, l'application à ces insectes de la méthode d'analyse progressive des populations larvaires a été entreprise dans le but d'évaluer les risques de dégâts en fonction de ces populations.

I. — BIOLOGIE DE *P. PATRUELOIDES*

Les adultes de *P. patrueloides* mesurent 10 mm de long ; ils présentent une période d'activité relativement restreinte dans le temps, liée à la reprise des pluies après la saison sèche (GRUNER, 1975), comme l'illustre la figure 1 qui schématise les captures faites par un piège lumineux en 1969 et en 1970. Pendant les 4 semaines du mois de mai les captures peuvent atteindre plusieurs milliers d'individus en une nuit ; elles sont très nombreuses avant et après cette période.

En 1969, nous avons disséqué 100 femelles chaque fois que cela était possible, en notant l'état des ovaires et la présence ou non d'un spermatophore. Les résultats (fig. 2) font apparaître une certaine protandrie : le sex ratio est largement supérieur à 1 les jours précédant chaque maximum de captures, de la même façon que chez *P. plei* (GRUNER, 1973). Les jeunes adultes encore en terre sont sensibles à l'humidité du sol et les mâles réagissent plus vite que les femelles à une pluie. Le sex ratio se stabilise autour de 1 pendant la période du maximum de captures, puis diminue

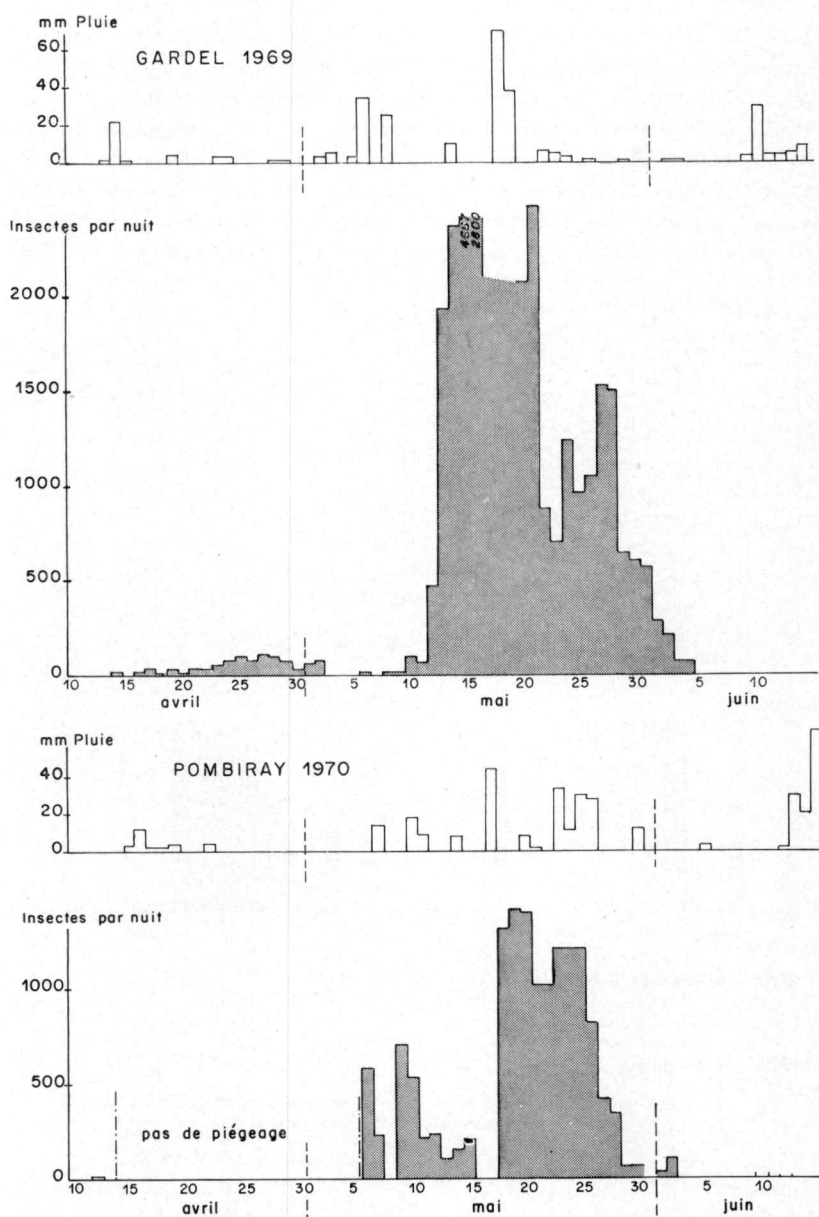


FIG. 1. — Captures quotidiennes de *P. patueloides* à un piège lumineux, à Gardel (-969) et Pombiray (1970), et pluviométrie au même lieu

en fin de saison, la durée de vie des mâles étant inférieure à celle des femelles. KALRA et KULSHRESHTHA (1961) avaient également noté la sortie plus précoce des mâles de *Holotrichia consanguinea* ainsi que l'importance des premières pluies sur les sorties des adultes. Les dissections permettent de distinguer entre elles les femelles non accouplées, les femelles accouplées dont les ovaires présentent des ovocytes de différentes tailles et les femelles qui ont déjà déposé des œufs et volent encore. Le diagramme de la figure 2 montre le vieillissement de la population femelle au cours de la période d'activité. Après leur premier envol, les insectes s'alimentent de feuilles d'Amaranthacées et de Graminées pendant la nuit ; les ovocytes se développent et les insectes s'accouplent en ce début mai ; la ponte ne commence que dans la deuxième partie de la période d'activité, c'est-à-dire au cours de la deuxième quinzaine de mai.

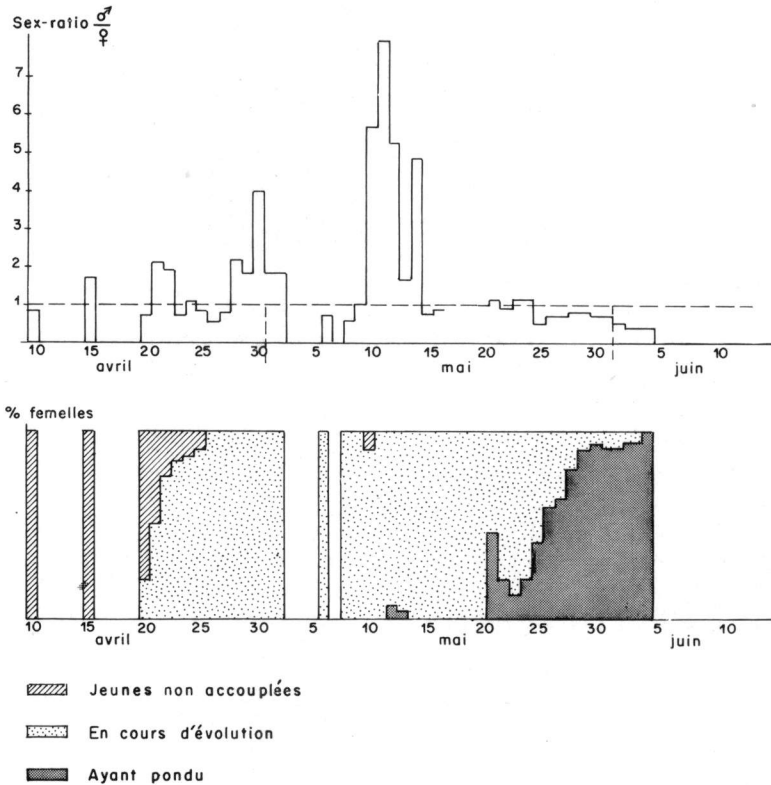


FIG. 2. — Sex ratio et structure de la population femelle de *P. patrueloides* capturée au piège lumineux à Gardel en 1969

Les œufs sont déposés au pied des touffes de canne, parmi les racines que consomment les larves. Le 1^{er} stade larvaire se développe au cours des mois de juin et juillet, le second de juillet à septembre et le troisième de septembre à mars, les premières nymphes apparaissant en janvier et février. Le cycle est annuel. Cette espèce est commune en Guadeloupe, mais ne forme des populations nombreuses qu'en Grande Terre parmi les champs de canne à sucre.

Cette Graminée est plantée entre mars et juillet par boutures placées dans les

sillons d'une parcelle fraîchement labourée. Chaque bouture donne plusieurs rejets qui forment une touffe de cannes dont la taille atteint 3 mètres de hauteur à la récolte. Celle-ci s'étale de janvier à juin, les cannes étant coupées à leur base. Les touffes donnent à nouveau des rejets alors appelés 1^{er} rejets, ceux poussant après la deuxième coupe s'appelant 2^e rejets... La culture reste en place 6 à 8 ans avant d'être renouvelée.

II. — MÉTHODES D'ÉVALUATION DES POPULATIONS LARVAIRES

1. — Adaptation des méthodes classiques d'échantillonnage

a) Définition de l'unité de prélèvement.

La plupart des vers blancs à régime phytophage consomment des racines de Graminées, aussi les méthodes d'échantillonnage mises au point pour évaluer les populations larvaires sont appliquées à des milieux prairiaux ou des céréales avec une surface de chaque prélèvement de dimen-

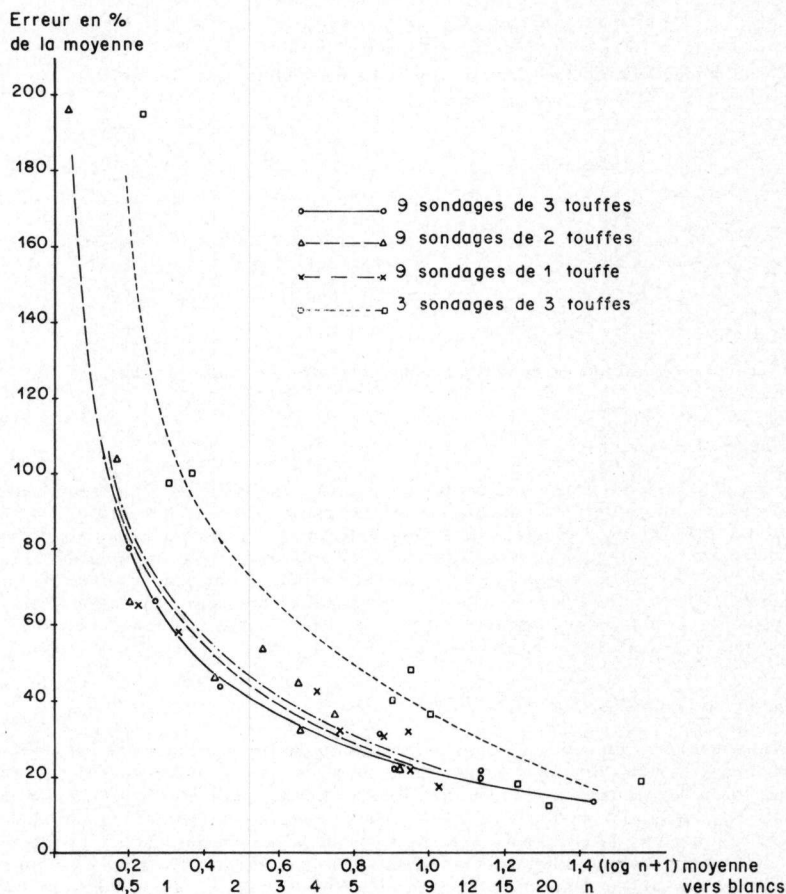


FIG. 3. — Risques d'erreurs selon les techniques de sondage, exprimés en pourcentage de la moyenne en vers blancs, après transformation des nombres n de vers blancs par touffe en $\log (n + 1)$

sions restreintes : un pied carré pour les larves de *Popilia japonica* (FLEMMING et BAKER, 1936) et de *Amphimallon majalis* (BURRAGE et GYRISCO, 1954) et 0,25 m² pour les larves de *Melolontha melolontha* (HURPIN, 1960).

Dans le cas de la canne à sucre, les touffes sont en ligne distantes de 0,5 mètre, l'interligne étant de 1,2 à 1,8 mètre. Aussi les racines ne couvrent pas le sol de façon uniforme et la surface minimale d'échantillonnage est de un demi-mètre carré, ce qui permet de retourner une touffe entière.

Pour fixer l'unité d'échantillonnage dans cette culture, nous avons tiré au sort des placettes de un quart d'hectare dans plusieurs parcelles dont la densité larvaire variait de 0,3 à 11 larves par touffe, et nous avons effectué dans chacune d'elles 9 prélèvements de 3 touffes contiguës en notant le nombre de larves pour chaque touffe. Il est ainsi possible d'apprécier la précision obtenue en comparant des prélèvements de une, deux ou trois touffes.

La figure 3 indique l'erreur commise dans l'évaluation de la densité moyenne en vers blancs en fonction de cette densité et de l'examen de 1, 2 ou 3 touffes contiguës : plus la densité est grande, plus l'erreur est réduite pour un même nombre de sondages, mais la précision de ces 3 types de sondages est pratiquement la même. D'autre part la comparaison des données de la 1^{re} souche de chaque sondage avec celles de la 2^e et de la 3^e montre que ces données ne sont pas significativement différentes (tabl. 1).

TABLEAU I

Comparaison des données des 3 touffes successives a, b et c
dans 81 sondages de 3 touffes

(Différence significative à 5 p. 100 si l'écart réduit égale ou dépasse 1,96)

Différences	a-b	b-c	a-c
moyenne de ces différences	0,444	0,938	0,568
écart-réduit	0,948	1,612	1,111

Dans ces conditions, l'unité d'échantillonnage a été fixée à 1 touffe de canne, soit un demi-mètre carré.

b) Nombre de sondages.

A partir de sondages effectués dans diverses parcelles infestées de façon très variables, nous avons calculé le nombre de prélèvements nécessaires pour estimer le niveau de la population à 20 et 40 p. 100 près (fig. 4). Dès que la densité est inférieure à 3 vers blancs par touffe, ce nombre devient très élevé et techniquement irréalisable si nous désirons comparer plusieurs populations faibles entre elles ou suivre l'évolution de la population dans le temps avec suffisamment de précision. Aussi dans le cas de densités faibles, nous devons nous contenter d'une évaluation peu précise en fixant un nombre de sondages compatible avec les possibilités techniques en fonction de la précision de l'estimation recherchée.

c) Époque de l'année la plus favorable.

Au cours de l'année culturale 1969-1970, la coupe de la canne ayant lieu entre février et juin, nous avons réalisé 3 séries de prélèvements dans 6 parcelles ayant des densités en vers blancs très différentes. Le tableau 2 résume les résultats de ces sondages pour *P. patrueloides*, la parcelle F comprenant en plus des larves de *Cyclocephala tridentata* et du charançon *Metamasius hemipterus* en quantité non négligeable. Il ressort de ce tableau que la population larvaire est jeune au mois de juillet, composée presque uniquement de larves du 3^e stade en septembre et comprend déjà des nymphes et des adultes en février. Dans la majorité des cas, les populations ont leur niveau maximum en septembre, bien que depuis juillet les pontes aient été rares. La proportion de larves du 1^{er} stade apparaît faible en juillet car beaucoup n'ont pas été comptées en raison des difficultés d'observation de larves de quelques millimètres de longueur parmi les racines de touffes faisant

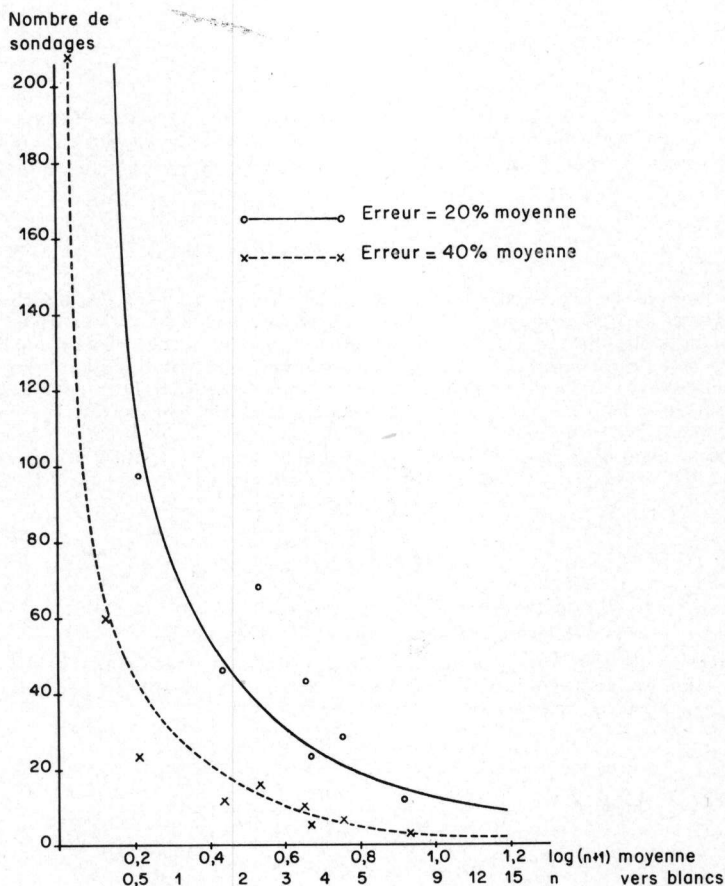


FIG. 4. — Nombre de sondages nécessaires pour obtenir une estimation du nombre de vers blancs par touffe de canne à sucre, à 20 ou 40 p. 100 près (après transformation logarithmique des données)

TABEAU 2. — Évaluation de la population larvaire de *P. patrueloides* dans 6 parcelles par 3 séries de sondages au cours de l'année culturale 1969-1970

(L₁ L₂ L₃ = larves des 1^{er}, 2^e et 3^e stades, N = Nymphes, IP = Insecte Parfait)

Parcelle	A Chemin 1	B Hyppolyte 1	C Palmiste	D Maïs 2	E Sapotille	F Patate
Nbre touffes échantillonnées	40	40	30	40	30	12
Sondage de juillet 1969 :						
Larves/touffe	1,10 ± 0,69	3,00 ± 1,39	10,57 ± 3,32	6,72 ± 1,67	8,40 ± 2,80	62,10 ± 14,24
P. 100 stades	18 L ₁ , 80 L ₂ , 2 L ₃	9 L ₁ , 66 L ₂ , 25 L ₃	6 L ₁ , 87 L ₂ , 7 L ₃	2 L ₁ , 91 L ₂ , 7 L ₃	4 L ₁ , 26 L ₂ , 70 L ₃	22 L ₂ , 78 L ₃
Sondage de septembre 1969 :						
Larves/touffe	2,20 ± 0,74	5,10 ± 1,37	12,4 ± 2,9	9,95 ± 2,61	11,33 ± 2,88	45,10 ± 11,02
P. 100 stades	18 L ₂ , 82 L ₃	10 L ₂ , 90 L ₃	10 L ₂ , 90 L ₃	8 L ₂ , 92 L ₃	2 L ₂ , 98 L ₃	2 L ₂ , 98 L ₃
Sondage de février 1977 :						
Larves/touffe	0,72 ± 0,37	3,65 ± 1,13	4,43 ± 1,17	2,40 ± 0,74	2,59 ± 1,02	9,08 ± 2,59
P. 100 stades	93 L ₃ , 7 N	38 L ₃ , 62 N, + IP	70 L ₃ , 30 N	81 L ₃ , 19 N	81 L ₃ , 19 N	93 L ₃ , 7 N + IP

50 cm de diamètre, ceci dans une terre glaiseuse et compacte à cette saison. Entre septembre et février intervient une importante mortalité naturelle des derniers stades larvaires à laquelle s'ajoute le départ d'un certain nombre d'adultes. Il apparaît donc que la meilleure époque pour les sondages est l'automne.

2. — Loi de distribution des populations larvaires

Les distributions de type agrégatives sont les plus fréquentes chez des insectes forestiers (WATERS et HENSON, 1959) comme chez des espèces aériennes ou souterraines (BLISS, 1956), ou chez des nématodes phytophages (MERNY et DEJARDIN, 1970). Aussi nous avons comparé la répartition des larves de Scarabéides de la canne à sucre aux lois de distribution les plus couramment rencontrées en biologie, la loi de Poisson et la loi binomiale négative. La première distribution est caractérisée par la moyenne du nombre d'insectes par échantillon et par le fait que la variance égale la moyenne. La distribution binomiale négative par contre a 2 paramètres : la moyenne et un coefficient d'agrégation k , positif, que nous avons calculé en nous référant aux travaux d'ANS-COMBE (1948, 1950), de BLISS et FISHER (1953) et de CANCELA DA FONSECA (1965). Ces auteurs

TABLEAU 3

*Ajustement de la répartition des larves de P. patrueloides
aux distributions de Poisson et Binomiale négative*

L_2 L_3 et N = larves du 2^e et 3^e stade, nymphes. k_1 k_2 k_3 = calcul du coefficient k de la loi binomiale négative selon les méthodes 1, 2 ou 3 (BLISS et FISHER, 1953 ; CANCELA DA FONSECA, 1965).
Différence significative à 5 p. 100* et 1 p. 100**.

Parcelle	Sondage		Larves		Valeur du χ^2		Degré de liberté	k bin. nég.
	date	nbre	par touffe	P. 100 stade	Poisson	Bino. nég.		
Chemin 1	10-7-1969	40	1,15	80 L_2	44,83**	1,73	2	$k_2 = 0,178$
	10-9-1969	40	2,20	82 L_3	38,53**	5,00	3	$k_2 = 0,590$
	2-3-1970	40	0,70	L_3 N	5,19	0,01	2	$k_2 = 0,850$
Hyppolyte 1	10-7-1969	40	3,02	66 L_2	140,30**	4,32	4	$k_2 = 0,355$
	10-9-1969	40	5,10	90 L_3	3,22	0,30	5	$k_3 = 0,841$
	3-3-1970	40	3,63	L_3 N	19,63**	2,27	5	$k_3 = 1,529$
Palmiste	17-7-1969	30	10,57	87 L_2	21,80**	15,47**	3	$k_3 = 1,440$
	11-9-1969	30	12,13	90 L_3	9,95*	0,77	4	$k_3 = 2,708$
	25-2-1970	30	4,50	L_3 N	4,50	1,37	3	$k_3 = 3,087$
Maïs II	17-7-1969	40	6,73	92 L_2	10,75*	6,41	4	$k_3 = 1,351$
	12-9-1969	40	9,95	92 L_3	26,48**	2,57	5	$k_3 = 1,475$
	26-2-1970	40	2,40	L_3 N	3,03	0,22	4	$k_3 = 1,942$
Sapotille	23-7-1969	30	8,40	91 L_2	23,77**	0,97	3	$k_3 = 1,040$
	22-9-1969	30	11,33	92 L_3	20,33**	4,24	3	$k_3 = 1,466$
	24-2-1970	30	2,59	L_3 N	4,31	5,34	4	$k_3 = 1,391$
Patate	22-9-1969	12	45,08	98 L_3	0,14	0,51	1	$k_3 = 5,216$
	19-2-1970	12	9,08	L_3 N	0,15	2,92	1	$k_3 = 6,374$
Chemin 3	7-9-1970	18	8,33	L_3	8,95*	0,95	2	$k_3 = 1,002$
Gouffre 3	7-9-1970	18	1,50	L_3	1,46	1,59	3	$k_1 = 7,448$
Chemin 2	8-9-1970	18	1,17	L_3	3,98	0,001	1	$k_3 = 0,744$
Médard 5	8-9-1970	18	1,20	L_3	13,58**	1,77	2	$k_2 = 0,215$
Ravine Sud	14-9-1970	18	3,22	L_3	9,36**	0,02	1	$k_3 = 0,828$
Fromager	11-9-1970	18	8,39	L_3	10,043**	2,17	2	$k_3 = 1,333$

proposent 3 méthodes adaptées aux diverses populations étudiées, la plus simple étant basée sur la moyenne m et la variance s^2 des n données de l'échantillonnage par la formule

$$k_1 = \frac{m^2 - s^2/n}{s^2 - m}$$

Cette méthode est valable dans plus de 90 p. 100 des cas pour des valeurs de m petites si $k/m > 6$, élevées si $k > 13$ est intermédiaires lorsque $(k + m)(k + 2)/m \geq 15$.

Lorsque la valeur de k est élevée, la distribution binomiale négative se rapproche de celle de Poisson. Nous avons ainsi établi les tests d'ajustement du χ^2 pour les 2 types de distribution. Les résultats pour 12 parcelles étudiées en 1969 et 1970 sont présentés dans le tableau 3.

Il apparaît que les valeurs du χ^2 avec la loi de Poisson sont significatives dans la presque totalité des cas, c'est-à-dire que la répartition observée diffère de la répartition théorique. Par contre la loi binomiale négative correspond à la distribution des larves de *P. patrueloides* dans la canne à sucre tant lorsque les larves sont au 2^e stade qu'en début ou en fin du 3^e.

Ces résultats concordent avec ceux de IVES et WARREN (1965) pour divers *Phyllophaga* sp. dans les forêts canadiennes en sol léger et sablonneux, et de BURRAGE et GYRISCO (1954 a et b) pour les larves d'*Amphimallon majalis*.

3. — Tables d'analyse progressive

a) Principe.

MILLIER (1967) a rappelé le principe général de ce type d'analyse. Plutôt que d'essayer d'avoir une estimation aussi précise que possible de la densité en larves, méthode dont nous avons présenté les limites, nous désirons classer la population d'une parcelle donnée dans l'une des catégories de densité que nous avons au préalable fixée. En entomologie agricole, 2 catégories sont en général définies par les auteurs (ALLEN *et al.*, 1972 ; SEVACHERIAN et STERN, 1972 ; WADDILL *et al.*, 1974), l'une correspondant aux populations dont la densité est au-dessous du seuil de tolérance économique, l'autre aux densités supérieures à celle du seuil de nuisibilité, ou seuil de dégâts, que STERN *et al.* (1959) ont défini pour les insectes nuisibles. En pratique, il s'agit d'additionner le nombre d'insectes au fur et à mesure de l'échantillonnage jusqu'à ce que le total soit dans l'une des catégories retenues, on peut alors juger si une intervention est nécessaire. Entre les 2 catégories délimitées par des droites de décision sur un graphique, se trouve une zone d'incertitude. Tant que le total des dénombrements est dans cette zone, on doit poursuivre l'échantillonnage jusqu'à ce que ce total se situe dans une des catégories. La délimitation des catégories nécessite au préalable une évaluation du seuil de dégâts.

b) Définition du seuil de dégâts.

En vue de déterminer l'importance des dégâts de vers blancs dans les champs de canne à sucre, nous avons retenu trois critères de productivité du végétal : la hauteur moyenne de la touffe (tige + feuilles), le nombre de tiges vivantes dans la touffe, le nombre de tiges mortes.

Les principaux facteurs intervenant sur ces critères, en plus de la pluviométrie primordiale dans cette région sèche de l'île, sont :

— la variété : certaines variétés telle la R 445 ont un grand nombre de cannes par touffe. La totalité des parcelles étudiées étant plantées en B 46 364, nous n'avons pas eu à tenir compte de ce paramètre ;

— l'âge de la plantation : après la plantation des boutures, la canne reste en place 6 à 8 ans en moyenne ; l'absence totale de vers blancs constatée dans les cannes « plantées » s'explique par le fait que les travaux de labours et de plantations s'effectuent au cours de la période de vol des adultes. Aussi n'avons-nous pris en considération que les rejetons ;

— les pratiques culturales : toutes les parcelles reçoivent la même fumure ; par contre le brûlage avant récolte a été de plus en plus réalisé au cours de la dernière décennie dans les cultures appartenant aux usines, et les efforts de mécanisation le rendent obligatoire. Il est cependant plus rarement pratiqué au cours des 2 premières coupes ;

— le relief : la région de Gardal présente des ondulations, la roche calcaire affleurant presque au sommet des collines. Il en résulte par endroit un sol peu profond et caillouteux qui retient mal l'eau de pluie, où la croissance de la canne est plus lente et où les répercussions de la sécheresse sont plus accusées. Aussi nous avons distingué les sondages en sol profond de plus de 20 cm de terre argileuse et ceux effectués sur ces collines à sol de moins de 20 cm de profondeur, même si ces 2 catégories s'observent dans la même parcelle.

α. Hauteur de la canne à sucre.

A partir de la coupe, la canne atteint 0,3 mètre au bout d'un mois, 1 mètre après 3 mois et 1,25 à 1,50 mètre après 4 mois, avec d'importantes variations dues aux facteurs précédents. Aussi, pour intégrer les variations dues à l'âge de la culture depuis la coupe, ainsi que celles dues aux différences climatiques d'une année sur l'autre et lorsque les parcelles sont distantes de plusieurs kilomètres, nous avons évalué toutes nos mensurations de canne par rapport à la hauteur maximale rencontrée parmi les échantillons de la parcelle, cette touffe de référence représentant les potentialités maximales de la parcelle à la date du sondage.

Nous avons défini des classes de nombre de larves par touffe et distribué les données des 1 377 sondages effectués entre 1968 et 1973 et comprenant des mensurations de canne. Le tableau 4 récapitule les résultats les plus intéressants : la hauteur de la canne étant la même dans les plantations jeunes ou vieilles, nous avons regroupé les données des divers rejets.

TABLEAU 4

*Comparaison entre la hauteur de la canne
(en proportion de la hauteur maximale des mesures de la parcelle)
et le nombre de larves de P. patrueloides par touffe*

La plus petite différence significative à 5 p. 100 est égale à 0,012 et à 1 p. 100 est de 0,016

Larves/touffe	0	1-2	3-5	6-9	10-14	15-19	20-30	> 30
<i>a) Sol profond, cannes brûlées</i>								
Nbre sondages	273	128	95	42	24	12	13	16
Hauteur canne	0,848	0,802	0,810	0,773	0,752	0,714	0,675	0,592
P. 100 perte/témoin	0	5,4	4,5	8,8	11,3	15,8	20,4	30,2
<i>b) Sol profond, cannes non brûlées</i>								
Nbre sondages	147							
Hauteur canne	0,839							
<i>c) Sol peu profond</i>								
Nbre sondages	72	60	63	36	30	6		
Hauteur canne	0,804	0,821	0,758	0,758	0,735	0,701		
P. 100 perte/témoin	0	0	5,7	5,7	9,6	12,8		

Le tableau 4 fait ressortir d'une part que le brûlage n'affecte pas la hauteur de la canne, d'autre part qu'une différence significative apparaît entre la hauteur des touffes sans larve et celle des touffes avec 1 à 2 vers blancs. Il est raisonnable pour la canne à sucre de considérer comme dégât une perte de rendement de 10 p. 100, ce qui se produit lorsqu'il y a plus de 10 larves par touffe, et ces dégâts deviennent importants (20 p. 100) à partir de 20 larves par touffe. En sol peu profond, les données sont beaucoup plus variables qu'en sol argileux de plus de 20 centimètres, mais les résultats restent du même ordre.

β. Nombre de cannes vivantes par touffe.

Le tableau 5 récapitule les données de 711 sondages au cours desquels nous avons compté le nombre de tiges vivantes et mortes par touffe. Une analyse de variance sur le nombre de cannes vivantes pour l'ensemble des parcelles, en fonction du nombre de vers blancs montre une action significative de ces insectes : la réduction du nombre de rejets dépasse 10 p. 100 à partir de 3 larves par touffe. La variation du nombre de tiges suivant l'âge de la plantation est très importante puisque en 1^{er} et 2^e rejets les moyennes suivant les types de parcelles sont de 11,6 et de 11,8 cannes par touffe et qu'elles ne sont plus que de 5,6 et 7,5 en 7^e et 8^e rejets. Le brûlage comme la profondeur du sol n'interviennent pas sur le nombre de rejets. Les résultats d'après le nombre de cannes mortes par touffe sont moins nets, la mortalité étant indépendante du nombre de larves. Ainsi, ces larves par la consommation des racines affaiblissent la touffe et limitent le nombre de rejets qui vont se développer lorsque leur nombre dépasse 3 par touffe.

TABLEAU 5

Nombre de tiges vivantes et mortes par touffe de canne selon l'âge de la plantation, le brûlage à la récolte, la profondeur du sol, et le nombre de vers blancs

Différence non significative (NS), significative à 5 p. 100 (S) ou hautement significative à 1 p. 100 (HS) par rapport aux données des touffes sans ver blanc

Rejeton		Brûlage	Sol	Larves par touffe			
				0	1-2	3-5	> 5
a) <i>Cannes vivantes</i>							
1 ^{er} -2 ^e	avec	profond	11,84	NS	HS		
	sans	profond	11,60	HS			
3 ^e -6 ^e	avec	profond	10,25	NS	NS	HS	
	avec	peu profond					
7 ^e -8 ^e	avec	profond	5,6				
	avec	peu profond	7,5	NS	NS	NS	
Ensemble des parcelles			10,25	9,51	8,89	8,80	
Réduction (%)			0	7,2	13,3	14,2	
Nombre de sondages			287	150	129	145	
b) <i>Cannes mortes</i>				1,0	1,89	1,91	1,91
c) <i>Total cannes</i>				11,25	10,4	10,8	10,7
Mortalité (%)			8,89	18,17	17,68	17,85	
Mortalité Abbott				10,2	9,7	9,8	

γ. Comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature.

Des dégâts de vers blancs dans les cultures de la canne à sucre sont cités depuis le début du siècle et sont attribués suivant les régions du globe à un ensemble d'espèces appartenant tant aux Melolonthides qu'aux Dynastides ou aux Rutelides.

Les premières évaluations de dégâts concernent la destruction des boutures par *Eutheola rugiceps* (Dynastinae), le nombre de tiges mortes et le nombre total de tiges de canne dans une parcelle étant liés au nombre d'insectes (OSTENBERGER, 1931 ; TAYLOR, 1966). Nous avons montré que 3 larves de *P. patrueloides* suffisent pour diminuer le nombre de tiges par touffe, et qu'au-dessus de 10 larves, la hauteur de la touffe était inférieure à la hauteur moyenne des cannes de la parcelle. MUNGOMERY (1949) au Queensland estimait qu'une seule larve de *Desmolepida albohirtum* WATER (Melolonthinae) suffisait à occasionner des dégâts notables aux cannes poussant sur des sols rouges et secs, alors que 3 à 4 étaient supportées en terre alluviale ; MARTOREL et MEDINA-GAUD (1965) évaluent la réduction de production de canne à Porto Rico à 15-20 tonnes lorsqu'il y a 10 à 20 000 larves de *Cnemerachis portoricensis* par acre, ce qui équivaut à 12-15 larves par touffe. A Hawaii, PEMBERTON (1932) note que les dégâts sont sévères lorsqu'il y a 30 à 70 larves du petit *Rutelinae*, *Anomala orientalis*, par touffe alors qu'au Tanganyika JEPSON (1956) distingue 3 infestations de *Cochliotus melolonthoides*, la forte étant pour les densités supérieures à 5 larves par touffe. La variabilité de ces chiffres montre à quel point le problème est complexe. Les seuils de dégâts sont fonction de la dimension des larves de l'espèce considérée, qui consomment une partie plus ou moins grande du végétal, et des conditions de développement de ce dernier : en sol peu profond ou en période de sécheresse, la canne supporte un nombre plus restreint de ravageurs.

c) Table d'analyse progressive pour *P. patrueloides*.

L'utilisation de l'analyse progressive pour les vers blancs n'a été préconisée que par IVES et WARREN (1965) pour des *Phyllophaga* forestiers, mais les seuils de dégâts étaient imprécis. Dans le cas qui nous intéresse, nous devons attirer l'attention sur le fait que la meilleure période pour

effectuer les sondages est l'automne, période de l'année où les dégâts sont maximaux. Nous pourrions établir une table d'analyse progressive avec les 2 catégories de populations nuisibles ou non, mais à cette époque la végétation est déjà trop haute pour envisager une intervention et les dégâts sont commis, aussi toute notre étude est orientée vers la prévision des attaques. La définition de 3 catégories, faible, moyenne et forte nous permet de façon plus précise de localiser les foyers et dans une certaine mesure d'estimer leur importance relative. Les limites de ces classes sont fixées d'après l'estimation des dégâts. A partir de 3 larves par touffe, le nombre de cannes vivantes est réduit, et à partir de 10 larves les dommages deviennent notables, de sorte que nous avons choisi les catégories suivantes :

0 à 2 larves par touffe = population faible
3 à 7 larves par touffe = population moyenne
plus de 10 larves par touffe = population forte

WATERS (1955) donne les formules pour calculer les équations des droites de décision correspondant à ces limites, pour une répartition binomiale négative (fig. 5) :

$$\begin{aligned}d_1 &= bn + h_1 \text{ (ligne supérieure)} \\d_2 &= bn + h_2 \text{ (ligne inférieure)}\end{aligned}$$

où d est le nombre cumulé d'insectes, n le nombre d'échantillons observés, b la pente des droites, h_1 et h_2 les intersections.

$$b = k \frac{\log \frac{q_2}{q_1}}{\log \frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}} \quad h_1 = \frac{\log \frac{\beta}{1-\alpha}}{\log \frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}} \quad h_2 = \frac{\log \frac{1-\beta}{\alpha}}{\log \frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}}$$

où $p_1 = \frac{m_1}{k}$ et $q_1 = 1 + p_1$; $p_2 = \frac{m_2}{k}$ et $q_2 = 1 + p_2$; m_1 et m_2 sont les valeurs

délimitant 2 des catégories précédemment définies, k est le coefficient de la loi binomiale négative, α le risque de rejeter une décision alors qu'elle est correcte, par exemple appeler moyenne une infestation faible, et β le risque de l'accepter alors que l'autre réponse est vraie.

Une valeur unique du coefficient k est nécessaire, or il varie de 0,178 à 6,374 suivant les parcelles (tabl. 3). BLISS (1956) calcule un k commun (kc) à partir de la variance S^2 et de la moyenne $\bar{u}$ de chaque série de sondages : pour chaque parcelle on calcule $x' = \bar{u}^2 - S^2/n$ (n = nombre d'échantillons) et $y' = S^2 - \bar{u}$. Les points correspondant à ces coordonnées s'alignent sur une droite dont la pente est l'inverse de kc ; aussi une estimation de cette pente est donnée par le rapport des sommes de x' et de y' : $\frac{1}{kc} = \frac{\sum y'}{\sum x'}$. Nous pouvons remarquer que cela revient à appli-

quer seulement la 1^{re} méthode pour évaluer k dans les diverses parcelles. Nous avons trouvé comme valeur commune $kc = 1,3617$, et les équations des droites de décision sont les suivantes :

— infestation faible ou moyenne :

$$\begin{aligned}\text{faible si } d &< 2,4447 \quad n - 15,15 \\ \text{moyenne si } d &> 2,4447 \quad n + 15,15\end{aligned}$$

— infestation moyenne ou forte :

$$\begin{aligned}\text{moyenne si } d &< 8,3348 \quad n - 43,865 \\ \text{forte si } d &> 8,3348 \quad n + 43,865\end{aligned}$$

A partir de ces équations, on peut établir une table (tabl. 6) dont l'emploi lors des sondages est plus facile que le graphique de la figure 5. Ainsi l'échantillonnage s'effectue comme suit : le choix des touffes que l'on retourne pour effriter la terre et compter les vers blancs est fait au hasard et de façon à ce qu'elles soient dispersées dans la parcelle. Le nombre de larves est totalisé au fur et à mesure des sondages et comparé aux données de la table que nous avons établie, jusqu'à ce que la somme soit comprise entre les limites de l'une des 3 classes.

Le principal avantage de cette méthode est de permettre de conclure sur le niveau de l'infestation de la parcelle étudiée avec un nombre réduit de sondages dans la majorité des cas, même si la population est faible, alors que les méthodes précédemment utilisées nécessitent un nombre de prélèvements d'autant plus élevé que la densité est moindre. Cependant l'analyse progressive est fondamentalement basée sur l'indépendance des tirages, ce qui nécessite un mini-

TABLEAU 6

Table d'analyse progressive pour déterminer le niveau de population larvaire de P. patrueloides dans les champs de Canne à sucre

L'échantillonnage doit être poursuivi tant que le nombre cumulé de larves est compris entre les limites des classes faible à moyenne et moyenne à forte

Nombre de touffes échantillonnées	Nombre cumulé de larves			
	Faible	Moyenne	Moyenne	Forte
1				52
2				61
3				69
4				77
5				86
6				94
7	2			102
8	4			111
9	7			119
10	9			127
11	12	42	48	136
12	14	44	56	144
13	17	47	64	152
14	19	49	73	161
15	22	52	81	169
16	24	54	89	177
17	26	57	98	186
18	29	59	106	194
19	31	62	114	202
20	34	64	123	211
21	36	66	131	219
22	39	69	139	227
23	41	71	148	236
24	44	74	156	244
25	46	76	164	252
26	48	79	173	261
27	51	81	181	269
28	53	84	189	277
29	56	86	198	286
30	58	88	206	294
31	61	91	215	302
32	63	93	223	311
33	66	96	231	319
34	68	98	240	327
35	70	101	248	336
36	73	103	256	344
37	75	106	265	353
38	78	108	273	361
39	80	110	281	369
40	83	113	290	377
41	85	115	298	386
42	88	118	306	394
43	90	120	315	402
44	92	123	323	411
45	95	125	331	419
46	97	128	340	427
47	100	130	348	437
48	102	132	356	444
49	105	135	365	452
50	107	137	373	461

mum de précautions de la part de l'opérateur quant au choix des touffes. Nous avons négligé l'effet éventuel de la distance séparant les sondages par le fait que les dégâts étaient généralement diffus et que les dimensions des taches étaient restreintes en comparaison de cette distance. Les parcelles étudiées avaient une superficie comprise entre 2 et 10 hectares.

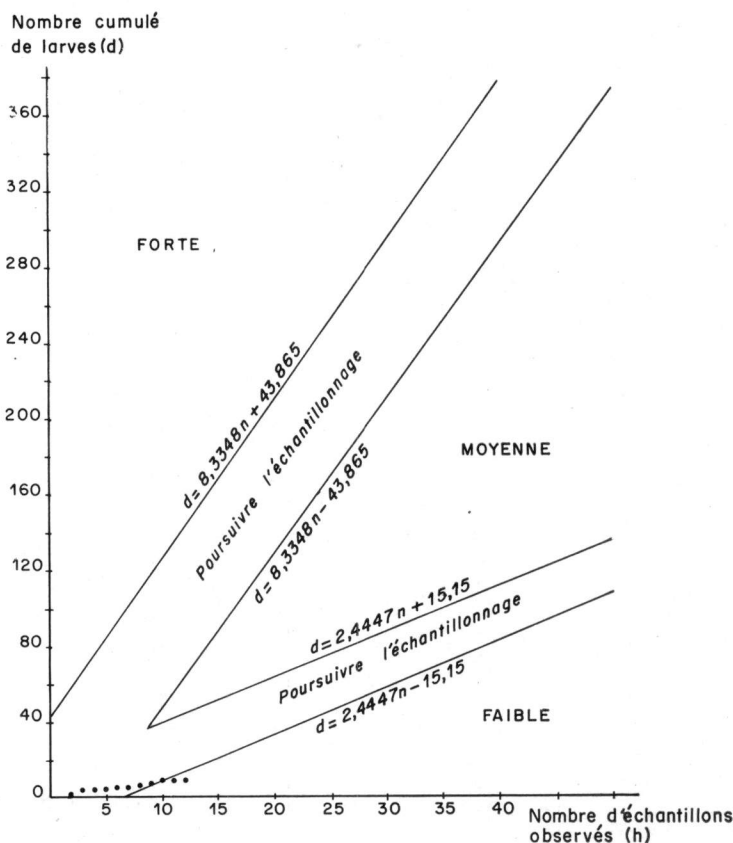


FIG. 5. — Graphique d'analyse progressive pour l'échantillonnage des vers blancs dans les champs de canne à sucre pour un risque d'erreur de 10 p. 100

Les points correspondent à un exemple d'échantillonnage permettant de conclure que la population est faible

La distribution des jeunes stades larvaires en été étant la même que celle des stades âgés en hiver, la table établie est valable toute l'année. Cependant pour les raisons évoquées plus haut, nous l'avons principalement utilisée lors des sondages d'automne, c'est-à-dire à une époque où les dégâts sont déjà commis. Aussi la prévision des dégâts doit-elle faire appel à d'autres phénomènes.

III. — PRÉVISION DES DÉGATS

I. — Infestation et dates de coupe de la canne

Indépendamment de l'hétérogénéité de la répartition des larves dans une parcelle, on note des variations importantes de densité d'une année à l'autre et entre des parcelles voisines ayant des conditions de culture semblables. Le seul facteur qui

peut différencier ces parcelles est la date de la récolte puisque celle-ci s'étale pour l'ensemble des cultures de fin janvier à juin, période qui inclut le moment des pontes (seconde moitié de mai).

La comparaison des populations des parcelles sondées en fin d'année et des dates de récolte de ces parcelles montre que les foyers les plus importants se situent dans les cultures où la récolte a eu lieu en début de saison, en février. Par contre, partout où la canne n'était pas encore coupée ou bien venait de l'être au moment des vols de ponte, ainsi que dans les champs fraîchement labourés, la population larvaire est nulle. Il apparaît ainsi nettement que les femelles de *P. patrueloides* préfèrent pondre dans un sol occupé par une végétation clairsemée atteignant 1 à 1,2 mètre de hauteur plutôt que dans un sol sans végétation ou au contraire encombré par une culture de 3 mètres de hauteur difficile à traverser. BOX (1925) avait remarqué à Porto Rico que les cannes de moins de 1 mètre de hauteur étaient plus visitées par les femelles pondeuses de *Phyllophaga* sp.

Nous avons confirmé ces observations de 1968 par des sondages les années suivantes dans des groupes de parcelles voisines présentant des dates de coupe échelonnées, en utilisant la technique de l'analyse progressive afin d'étudier un plus grand nombre de parcelles (tabl. 7).

TABLEAU 7

Nombre de parcelles échantillonnées
ayant une population de larves de *P. patrueloides* faible,
moyenne ou forte en automne selon l'état de la culture

Population	Faible	Moyenne	Forte
coupe en février	8	6	4
mars	15	2	0
avril	22	2	0
mai-juin	12	0	0
parcelles labourées ou replantées depuis peu	11	0	0

Les densités fortes et moyennes figurent parmi les parcelles récoltées en début de saison, mais celles-ci n'ont pas toutes de telles infestations. Ceci est lié au niveau général de la population de cette espèce ainsi qu'à la localisation des populations adultes dont la répartition hétérogène est le reflet de celle des foyers larvaires dont elles sont issues.

2. — Amélioration de la prévision par localisation des adultes

Avant la période de vol des adultes, nous pouvons localiser les parcelles susceptibles d'être des sites de ponte recherchés par les femelles d'après l'état d'avancement de la récolte, mais tous ces sites préférentiels ne seront pas obligatoirement infestés, suivant la localisation et les déplacements des populations adultes. Bien que *P. patrueloides* soit beaucoup moins attiré que *Cyclocephala tridentata* par les pièges à phénol

(GRUNER et MARIVAL, 1974 ⁽¹⁾), il est possible d'avoir une estimation de sa présence en disposant ce type de piège dans des zones où les parcelles susceptibles d'être visitées par les femelles sont nombreuses. Les captures peuvent avoir deux origines : soit des imagos issus des larves des parcelles voisines très infestées, soit des adultes migrant vers ces parcelles attractives. La comparaison des dates de coupes avec les dates de période d'activité des adultes aide à l'interprétation de l'origine de ces captures.

En 1973, nous avons disposé 14 pièges à phénol dans différentes zones de la région de Gardel et effectué les relevés 2 fois par semaine entre le 1^{er} mai et le 23 juillet. Le tableau 8 présente 4 exemples de prévision d'infestation, améliorée par les résultats des piégeages d'adultes et vérifiée par des sondages d'automne, en utilisant l'analyse progressive.

TABLEAU 8

Exemples de prévision d'infestation de parcelles de Canne à sucre en vers blancs (VB) au moyen des dates de la récolte et de la présence des adultes dans des pièges à phénol, et vérification par des sondages d'automne

Parcelles entourant les pièges	Chemin 1 et 2	Comat 1 et 2	Savane Ciceron et Mantin	Tamarin 1 et 2
Récolte 1972	plantation	plantation	8 mars	8 mars
Présence supposée de VB	nulle	nulle	faible à forte	faible à forte
Récolte 1973	22 mars	26 mars	17 avril	17 mars
Captures au piège ⁽¹⁾	190	120	1 280	1 050
Origine supposée des adultes	extérieure	extérieure	sur place	sur place
Prévision infestation VB	faible	faible	faible à moyenne	faible à moyenne
Résultats des parcelles sondées	2 faibles	2 faibles	3 faibles 1 moy.	3 faibles 1 moy.

⁽¹⁾ 7 p. 100 *P. patrueloides* et 93 p. 100 *C. tridentata*.

Dans les parcelles « chemin » et « Comat » replantées en 1972, la population de vers blancs fut certainement nulle en 1972 ; la récolte en mars et l'absence d'adultes dans les pièges permettent de prévoir des infestations faibles dans ces parcelles, ce que confirment les sondages. Pour les 2 autres exemples, la récolte 1972 est plus précoce, aussi il n'est pas exclu que la population larvaire cette année-là ait été moyenne et même forte. La capture de nombreux *Phyllophaga* confirme ce fait et la récolte en mars 1973 à « Tamarin » et en avril pour « Savane Ciceron » fait supposer des infestations moyennes dans les parcelles « Tamarin ». Il est à remarquer qu'en 1973 des difficultés techniques des usines ont entraîné un retard général dans la récolte qui n'a commencé qu'en mars, aussi « Tamarin » fait partie des parcelles les plus attractives pour les femelles pondeuses.

Dans les collectes d'adultes, nous avons eu 7 p. 100 de *P. patrueloides* et 93 p. 100 de *C. tridentata*, cet insecte étant particulièrement bien attiré par le phénol ; dans les

⁽¹⁾ Une étude en cours sur la systématique des *Dynastinae* locaux permet de conclure qu'il s'agit de *C. tridentata* et non pas de *C. insulicola* AK.

sondages des populations larvaires, la proportion des 2 espèces est inverse, *C. tridentata* étant présent de façon très irrégulière.

Dans l'ensemble le nombre de *P. patrueloides* capturés est peu élevé et la majorité des parcelles sondées à l'automne suivant ont montré des infestations faibles. Ceci est le reflet d'une réduction générale de l'abondance de cette espèce. Nous avons montré dans une précédente étude (GRUNER, 1975) l'importance de la pluviométrie dans le déclenchement de la période d'activité des adultes ainsi que sur leur abondance, un retard prolongé des pluies après la saison sèche entraînant une forte mortalité. Cette situation s'est présentée en 1973, où le mois de mai d'ordinaire très pluvieux a été particulièrement sec avec 15 mm de précipitations pour 60 en avril et 160 en juin. La surveillance de la pluviométrie donne des renseignements complémentaires sur l'abondance des adultes en mai et par voie de conséquence celle des larves à l'automne. Une fois la ponte réalisée, les jeunes larves sous la touffe de canne sont à l'abri des sécheresses estivales excessives, ce qui n'est pas le cas pour les vers blancs en milieu prairial.

Nous avons assisté entre 1965 et 1973 à une augmentation des pullulations de vers blancs suivie d'une décroissance de l'ensemble des populations. Dans les années 1950, plusieurs espèces paraissaient en cause, principalement *Ligyris cuniculus* (Dynastinae) au point que des traitements chimiques ont été effectués dans cette région de Gardel. Le brûlage de la canne est une technique qui a pris de l'ampleur vers les années 1960, éliminant les débris organiques dans lesquels se développait cette espèce, et nous avons assisté à l'apparition d'infestations par ce petit Melolonthide, *P. patrueloides*, qu'accompagne parfois *C. tridentata*. La multiplication de ces espèces s'est trouvée perturbée entre 1971 et 1973 par le remodelage de parcelles sur de grandes superficies et surtout par l'excès de sécheresse qui a entraîné une baisse notable de la production. De telles gradations de vers blancs en culture de canne à sucre ont été décrites par exemple à Porto Rico par WOLCOTT (1949), la diminution des populations étant partiellement due aux introductions d'insectes parasites et du crapaud buffle, *Bufo marinus*.

Dans le cas de *P. patrueloides*, l'utilisation des pièges à phénol permet d'avoir une estimation relative de l'abondance des adultes par comparaison des captures d'une année à l'autre, ainsi que la localisation des migrations les plus importantes par comparaison des captures entre les différents pièges. On peut ainsi prévoir parmi les parcelles attractives pour les femelles pondueuses celles où des dégâts risquent d'être occasionnés dans les mois qui suivent.

CONCLUSIONS

L'étude de la dynamique d'une population donnée nécessite une certaine précision dans l'évaluation de la densité afin que les variations enregistrées d'un sondage à l'autre ne soient pas masquées par l'erreur d'échantillonnage. Celle-ci peut être fixée au préalable, et nous devons recourir au graphique donnant le nombre d'unités de prélèvement pour une précision et pour une densité donnée. Nous avons montré les difficultés et les limites de ce type d'échantillonnage notamment lorsque la densité est faible, le nombre d'unités devenant élevé.

La distribution des vers blancs est agrégative et suit la loi binomiale négative dans la majorité des cas, aussi la localisation des foyers est-elle plus importante que l'estimation précise de la densité moyenne de la population. L'analyse progressive permet ce type de recherche et nous l'avons adaptée au cas de *P. patrueloides*.

Les méthodes d'échantillonnage au moyen de l'analyse progressive sont encore peu utilisées en agriculture ; les exemples concernent les insectes du riz (NISHIDA et TORII, 1970), ceux du coton tels *Heliothis zea* (ALLEN *et al.*, 1972) des Hémiptères (SEVACHERIAN et STERN, 1972) ou des Hémiptères de légumineuses (WADDILL *et al.*, 1974). Le seul cas d'utilisation pour les vers blancs est celui de IVES et WARREN (1965) pour des *Phyllophaga* dans les forêts canadiennes. Dans tous les cas, la référence au seuil de dégâts permet de juger de l'opportunité d'une intervention. L'application de l'analyse progressive nécessite la définition de classes de la variable mesurée dans chaque échantillon (nombre de vers blancs en l'occurrence). L'hypothèse adoptée est que le niveau de population appartient à l'une des catégories de densité préalablement fixée, et le principal intérêt de l'analyse progressive est de pouvoir conclure dans la plupart des cas avec un nombre restreint d'unités de prélèvements (10 à 14 pour les sondages que nous avons réalisés), que la densité soit faible ou élevée.

Pour *P. patrueloides*, la meilleure époque pour les sondages est l'automne, mais les dégâts sont déjà commis et cet échantillonnage utilisant l'analyse progressive ne fait que confirmer la présence de fortes densités et surtout permet d'étudier un nombre élevé de parcelles. Aussi la prévision des dégâts doit faire appel à d'autres techniques, telle la localisation des foyers adultes en mai au moyen de pièges à phénol. La prévision des parcelles à forte infestation devient alors possible dès cette époque par la juxtaposition des comparaisons date de récolte de la canne-période d'activité des adultes et des localisations des populations d'imagos.

La table d'analyse progressive établie pour *P. patrueloides* est susceptible d'être utilisée pour l'ensemble des vers blancs de la canne à sucre, pour les vers blancs en général, l'unité de prélèvement étant le demi-mètre carré, ou pour d'autres prédateurs animaux ou végétaux de la canne, l'unité étant la touffe, à condition que la distribution suive la loi binomiale négative.

Reçu pour publication en juin 1975.

SUMMARY

SEQUENTIAL SAMPLING OF *PHYLLOPHAGA PATRUELOIDES* PAULIAN WHITE GRUBS (COLEOPTERA : SCARABAEIDAE) AND DAMAGES PREVISION IN SUGAR CANE FIELDS IN GUADELOUPE ISLAND (F. W. I.)

Since several years, damages by the small Melolonthid *Phyllophaga patrueloides* are observed in sugar cane fields of the dry part of the island of Guadeloupe (F. W. I.). In order to estimate the population with a certain precision, a large number of stalks have to be turned over in a field when the population is low. The best season for sampling is autumn. Most of the studied populations are adjusted to the negative binomial distribution, therefore we calculate a sequential plan for this distribution. The crop losses are estimated : the number of stems per clump is reduced when there are 3 or more white grubs, and more than 10 grubs per stalk cause 10 p. 100 lessening of the height of the cane. Using this sequential sampling method, with only 10 to 14 samplings we may conclude that the population density is low, medium or high.

It appears that the larval populations situation depends on the female behaviour in May : they prefer to lay their eggs in cane cutted in February at the beginning of the harvest season. By comparing the crop date and the adult activity period with the localisation of adult populations by phenol trapping we get a good prevision of the white grubs damages in the fields in October. The value of sequential sampling is discussed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- d'AGUILAR J., BONFILS J., 1962. Problèmes entomologiques concernant la canne à sucre aux Antilles françaises. *Agronomie Tropicale*, 7-8, 566-575.
- ALLEN J., GONZALEZ D., GOKHALE D. V., 1972. Sequential sampling plans for the bollworm *Heliothis zea*. *Environ. Entom.*, 1 (6), 771-780.
- ANSCOMBE F. J., 1948. The transformation of Poisson binomial and negative binomial data. *Biometrika*, 35, 246-254.
- ANSCOMBE F. J., 1950. Sampling theory of the negative binomial and logarithmic series distributions. *Biometrika*, 37, 358-382.
- BÉNARD R., 1956. Rapport d'activité I. N. R. A., Laboratoire de Faunistique, Guadeloupe, 10 pages dactylographiées.
- BLISS C. I., 1956. The analysis of Insect Counts as negative binomial distributions. *Proc. Xth Int. Cong. Ent.*, 2 (1958), 1015-1032.
- BLISS C. L., FISHER R. A., 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data. *Biometrics*, 9, 176-200.
- BONFILS J., 1963. État actuel de nos connaissances sur les insectes de la canne à sucre aux Antilles françaises. Productions Guadeloupéennes. *Sucre et Fruits*, n° 8 et 9.
- BOX H. E., 1925. Porto Rican cane grubs and their natural enemies, with suggestions for the control of Lamellicorn larvae by mean of wasp parasites (*Scoliidae*). *J. Dep. Agric. P. Rico*, 9, 291-356.
- BURRAGE R. H., GYRISCO G. G., 1954 a. Estimates of populations and sampling variance of European chafer larvae from samples taken during the first, second and third instar. *J. Econ. Ent.*, 47 (5), 811-817.
- BURRAGE R. H., GYRISCO G. G., 1954 b. Distribution of third instar larvae of the European chafer and the efficiency of various sampling units for estimating their populations. *J. Econ. Ent.*, 47 (8), 1009-1014.
- CANCELA DA FONSECA J.-P., 1965. L'outil statistique en biologie du sol. I. Distribution de fréquence et tests de signification. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 2 (3), 299-332.
- FLEMING W. E., BAKER F. E., 1936. A method for estimating population of larvae of the Japanese beetle in the field. *J. Agric. Res.*, 53, 319-331.
- GRUNER L., 1973. Recherches sur le comportement, au cours de sa vie imaginale, de *Phyllophaga pleei* BL. (*Coleoptera : Scarabaeidae*). *Ann. Zool.-Écol. anim.*, 5 (3), 385-424.
- GRUNER L., 1975. Étude de l'activité des adultes de divers Scarabéides antillais au moyen de piégeages lumineux et chimiques. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, 7, 399-423.
- GRUNER L., MARIVAL D., 1974. Attraction des mâles du Scarabéide antillais *Cyclocephala insulicola* AR. par le phénol. (*Col. Dynastidae*). *C. R. Acad. Agric. Fr.*, (3), 203-208.
- HURPIN B., 1960. Méthodes d'échantillonnage des populations de vers blancs. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, 4-6, 59-61.
- IVES W. G. H., WARREN G. L., 1965. Sequential sampling for white grubs. *Can. Entomol.*, 97, n° 6, 596-604.
- JEPSON W. F., 1956. The biology and control of the sugar cane chafer beetles in Tanganyika. *Bull. Entomol. Res.*, 47, 377-397.
- KALRA A. N., KULSHRESHTHA J.-P., 1961. Studies on the biology and control of *Lachnosterna consanguinea* (BLANCH.), a pest of sugarcane in Bihar (India). *Bull. Entomol. Res.*, 52 (3), 577-587.
- LEMAIRE Y., 1968. Observations sur les dégâts causés par les vers blancs à Gardel Sainte-Marthe. *Notes et Inform. CTCS*, (5), p. 33.
- MARTOREL L. F., MEDINA GAUD S., 1965. Status of important insect pests of sugar cane in Puerto Rico and their control. *Proc. Cong. Int. Sug. Can. Tech.*, 12, 1278-1286.
- MERNY G., DEJARDIN J., 1970. Les nématodes phytoparasites des rizières inondées de Côte d'Ivoire. II. Essai d'estimation de l'importance des populations. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, n° 11, 45-67.
- MILLIER C., 1967. Une méthode statistique : l'analyse progressive. *Ann. Sci. forest.*, 24 (4), 327-343.
- MUNGOMERY R. W., 1949. Control of the « Greyback » cane grub pest, *Dermolepida albohirtum* WATERH. by means of « Gammexane » (benzene hexachloride). *Tech. Commun. Bur. Sug. Exp. Stns. Qd.*, 4, 128 p.
- NISHIDA T., TORII T., 1970. A handbook of field for research on Rice stem borers and their natural enemies. *IPB Handbook*, n° 14, Blackwell Scientific Publ. Oxford and Edimburg, 132 p.

- OSTERBERGER B. A., 1931. The importance of *Euethola (Ligyris) rugiceps* LEC. an enemy of sugarcane. *J. Econ. Entomol.*, **24**, 870-872.
- PAULIAN dans : FLEUTIAUX E., LEGROS C., LEPESME P., PAULIAN R., 1947. Coléoptères des Antilles. *Scarabaeidae*, p. 49-65. O. R. S. C., Paris.
- PEMBERTON C. E., 1932. Insect damage to sugar cane roots in Hawaii. *Proc. Int. Soc. Sug. Can. Technol.*, **4**, Bull. 4, 1 p.
- SEVACHERIAN V., STERN V. M., 1972. Sequential sampling plans for *Lygus* bug in California cotton fields. *Environ. Entomol.*, **1** (6), 704-712.
- STERN V. M., SMITH R. F., VAN DEN BOSCH R., HAGEN K. S., 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part I : The integrated control concept. *Hilgardia*, **29**, 81-101.
- TAYLOR T. A., 1966. On the bionomics and ecology of *Heteronychnus licas* (KLUG) (Coleoptera, Dynastinae), a new pest of sugar cane in Nigeria. *Bull. Entomol. Res.*, **57** (1), 148-158.
- WADDILL V. H., SHEPARD B. M., TURNIPSEED S. G., CARNER G. R., 1974. Sequential sampling plans for *Nabis* sp. and *Geocoris* sp. on soybeans. *Environ. Entomol.*, **3** (3), 415-419.
- WATERS W. E., 1955. Sequential sampling in forest insect surveys. *Forest Sciences*, **1** (1), 68-79.
- WATERS W. E., HENSON W. R., 1959. Some sampling attributes of the negative binomial distribution with special reference to forest insects. *Forest Science*, **5** (4), 397-412.
- WOLCOTT G. N., 1949. The rise and fall of the white grub in Puerto Rico. *The Amer. Natur.*, **84**, 816, 183-193.

ÉTUDE DU RÔLE DES SUBSTANCES
EXTRAITES DU PIN MARITIME
SUR L'ORIENTATION ET LA PRISE DE NOURRITURE
CHEZ *PISSODES NOTATUS* F.
(*COLEOPTERA, CURCULIONIDAE*)

Aude BLANC et M. BLANC

École nationale supérieure agronomique,
145, Avenue de Muret,
31076 Toulouse Cedex

RÉSUMÉ

Les comportements d'orientation et de prise de nourriture de *Pissodes notatus* F. (*Coleoptera, Curculionidae*) vis-à-vis de son hôte, *Pinus pinaster*, ont été étudiés au laboratoire.

Dans les conditions expérimentales employées, les substances volatiles terpéniques du commerce ou celles issues des rameaux de pin, proposées aux insectes dans un olfactomètre de type McIndoo, ont provoqué une très nette répulsion.

Grâce à la mise au point d'un test biologique, nous avons essayé de mettre en évidence les substances responsables des piqûres nutritionnelles ; les analyses montrent qu'il ne s'agit pas, là non plus, de corps terpéniques, mais de substances phénoliques entrant dans la composition du liber et de l'écorce.

INTRODUCTION

L'activité alimentaire de l'insecte comporte plusieurs phases : l'orientation à distance vers le substrat, la recherche du contact avec arrêt de l'animal, un premier essai de gustation suivi de l'avalement, puis une prise alimentaire continue. Cette séquence n'est pas toujours aussi nette mais elle permet de schématiser le comportement de l'insecte vis-à-vis du matériel alimentaire. L'orientation à distance est déterminée ou non par des substances attractives ou répulsives (« attractants » et « repellents » des anglosaxons), l'arrêt sur le site par des arrêstants (« arrestants »), la première prise par des incitants, les interdisants empêchant ce premier essai

(« incitants » et « suppressants ») ; les phagostimulants permettent l'alimentation continue alors que les dissuadants (« deterrents ») s'y opposent (DETHIER, 1970 ; JOURDHEUIL, 1963).

Dans la nature, les stimulus de la première phase peuvent être nombreux, optiques, mécaniques, ... mais les plus spécifiques semblent être les stimulations chimiques relatives à l'odeur de l'hôte.

La majorité des travaux sur les xylophages porte sur l'action des dérivés terpéniques de l'oléorésine (terpènes et leurs dérivés alcooliques). KANGAS *et al.* (1967) mettent en évidence pour *Blastophagus piniperda* des composés répulsifs comme l' α -pinène, alors que les composés oxygénés, terpinéol, carvéol et autres, attireraient ces insectes, ceci strictement en fonction des concentrations et des pourcentages relatifs des produits. CHARARAS (1958) a mis en évidence l'inversion des réponses d'*Ips typographus* à l' α -pinène selon les concentrations données ; de même, SMELYANETS et VASECHKO (1973) avec l' α -pinène et le β -pinène, le limonène et le Δ_8 -carène. Selon PITMAN *et al.* (1971), les effets combinés des phéromones et des terpènes venant de l'hôte expliqueraient les pullulations de *Dendroctonus brevicomis*. Divers auteurs ont montré l'existence de substances attractives, vraisemblablement de type phéromones, dans les déchets de forage des galeries ; ainsi, pour KINZER *et al.* (1972) sur *Conophthorus ponderosae*, et plus récemment pour CARLE (1975) sur *Orthotomicus erosus*, ces substances seraient un des facteurs provoquant l'agrégation des individus après les premières pénétrations des mâles.

Partant de l'hypothèse selon laquelle ces dérivés terpéniques agiraient favorablement sur les Pissodes, nous avons essayé de confirmer cela par une étude olfactométrique, puis nous nous sommes dirigés vers l'étude des composés provoquant l'ingestion du substrat.

MÉTHODES

Les Pissodes utilisés au cours des expériences proviennent d'une part d'élevages réalisés au laboratoire d'après la technique préconisée par CARLE (1967), d'autre part d'animaux piégés en forêt.

1. — Étude de l'orientation à distance

Après plusieurs essais, nous avons choisi l'olfactomètre en Y de type McIndoo avec courant d'air pulsé. Les branches de verre de l'appareil ont un diamètre de 1 cm.

Le courant d'air, traversant une des branches après être passé dans un flacon contenant le produit à étudier, arrive en même temps qu'un courant désodorisé sur charbon actif, dans la branche centrale de l'olfactomètre où est introduit l'insecte. Chaque expérience est répétée successivement deux fois avec chaque animal, après inversion des deux branches. Plusieurs débits ont été utilisés, de 20 à 100 cm³/mn. Nous avons aussi agi sur la concentration de l'odeur grâce à des rameaux de 10 mm de diamètre et de 60 à 1 mm de longueur, tous paraffinés aux deux extrémités pour éliminer une éventuelle interférence de substances de blessure.

L'olfactomètre en Y n'offre que trois possibilités à l'animal : l'insecte peut être attiré, repoussé ou indifférent selon qu'il va dans la branche contenant le produit étudié, dans l'autre ou qu'il reste dans la branche de départ ; il sera dit indifférent si son comportement change lors de la deuxième répétition. Un tel dispositif ne permet pas d'évaluer le degré d'attraction ou de répulsion.

L'expérimentation a été conduite sur des Pissodes à différents stades physiologiques ; jeunes émergents, adultes sexuellement mûrs, adultes âgés, insectes bien alimentés ou à jeûn de 24 h à 6 jours, ♂ ou ♀, ceci sur plus de 230 adultes pris individuellement. Les animaux sont introduits un par un, le dispositif mis à l'obscurité ; 10 mn après, les résultats sont notés.

Des essais ont été effectués avec différents produits terpéniques spécifiques du pin : β -pinène, camphène et essence de térébenthine de pin des Landes à des concentrations variant de 1 à 0,001 p. 100. Nous avons aussi présenté aux Pissodes un courant d'air chargé de l'odeur des aiguilles de pin.

2. — *Étude de la prise de nourriture*

Le test biologique.

Le dispositif, mis au point au laboratoire, est dérivé de la chambre de choix utilisée par PERTTUNEN pour l'étude de l'orientation à distance (1957) : c'est une boîte circulaire en matière plastique de 8 cm de diamètre ; le fond est entièrement recouvert par deux demi-cercles de papier filtre. Sur un des demi-cercles, on dépose un certain volume de la substance à étudier en solution dans le solvant S, sur l'autre le même volume du solvant S. On évapore ensuite S au moyen d'un ventilateur, puis les deux demi-cercles sont humidifiés chacun par le même volume d'eau distillée. 10 Pissodes sont lâchés dans la boîte, le tout mis à l'obscurité pour éviter toute interférence du phototropisme. Après 8 heures, les insectes sont enlevés et remis dans leurs cages d'élevage ; ils ne seront utilisés à nouveau qu'un mois après.

Si la substance étudiée contient des incitants ou des stimulants, on voit des morsures nettes sur le papier, semblables à des trous d'épingle.

Des supports autres que le papier filtre ont été utilisés : papier Joseph et moelle de sureau.

Les substances étudiées.

Ce sont les résultats successifs qui ont orienté le choix des solutions étudiées.

L'éthanol permet la solubilisation d'un grand nombre de substances entrant dans la composition du liber et de l'écorce ; la solution alcoolique présentée aux animaux dans le test biologique servira de solution de contrôle.

Partis de l'hypothèse selon laquelle les substances recherchées seraient des terpènes, nous avons présenté aux insectes :

- du β -pinène et du camphène à des concentrations allant de 1 à 0,001 p. 100,
- des solutions d'essence de térébenthine,
- des extraits terpéniques du liber et de l'écorce de pin obtenus par distillation à la vapeur d'eau, ainsi que le culot de distillation.

Nous avons ensuite étudié le culot de distillation par chromatographie sur colonne Séphadex.

L'extraction sur l'ensemble écorce et liber de pin a été effectuée par la méthode de LINDSTEDT (1950) ; elle est basée sur l'extraction au Soxhlet par l'éthanol et l'acétone successivement, les extraits étant ensuite repris par une gamme de solutions à pH croissants qui permet de séparer les produits selon leur acidité décroissante. Toutes les solutions ainsi obtenues sont présentées aux animaux.

La chromatographie sur silicogel d'une des fractions a été effectuée dans le système de solvants préconisé par PASTUKA et PETROWITZ (in STAHL, 1965) ; les diverses taches ont été prélevées, éluées dans l'alcool et données aux insectes. Les corps ont été caractérisés par :

- l'étude des R_F (caractéristique d'une substance dans des conditions expérimentales bien définies),
- l'observation des couleurs dans le visible et dans l'UV,
- la coloration des taches par des colorants spécifiques,
- l'étude spectrophotométrique des taches éluées.

Une hydrolyse acide des plaques permet de connaître sous quelle forme se présente le corps.

RÉSULTATS

1. — *Étude de l'orientation à distance*

Les résultats, consignés dans le tableau 1, révèlent une nette répulsion des Pissodes vis-à-vis de l'odeur de l'hôte ou de ses composants terpéniques offerts isolément. Nous avons obtenu 91 p. 100 de répulsion, 7 p. 100 d'indifférence et seulement

2 p. 100 d'attraction. Les résultats sont indépendants des conditions employées, les insectes se dirigeant toujours vers la branche ne contenant pas l'odeur du conifère.

Nous n'avons pas noté de différence significative selon l'état physiologique des Pissodes.

TABLEAU I

Résultats obtenus en olfactométrie dans différentes conditions

Variations portant sur les odeurs proposées	+	—	0	Variations portant sur les Pissodes utilisés	+	—	0
<i>Longueur du rameau</i> : 60 mm	0	10	0	<i>Sexe</i> : ♂	0	10	0
30 mm	0	9	1	♀	0	9	1
10	2	8	0	<i>Age</i> : jeunes émergents	0	8	2
5	0	9	1	adultes sex. murs	0	10	0
1	0	8	2	adultes âgés	0	8	2
<i>Débit de l'air</i> : fort	0	8	2	<i>Motivation</i> :			
moyen	0	10	0	jeûne de 24 h	1	9	0
faible	1	8	1	48 h	1	8	1
très faible	0	9	1	4 jours	0	8	2
<i>Aiguilles de pin</i>	0	10	0	6 jours	0	8	2
<i>Substances commercialisées</i> :				bonne alimentation	0	9	1
essence de térébenthine				<i>Origine</i> :			
1 %	0	10	0	élevages	0	10	0
0,1	0	10	0	forêt	0	10	0
0,001	0	10	0				
β -pinène				% des réponses positives (+) : 1,6 %			
1 %	0	10	0	% des réponses négatives (—) : 91,6			
0,1	0	9	1	% d'indifférence (0) : 6,8			
0,001	0	10	0				
camphène							
1 %	0	10	0				
0,1	0	9	1				
0,001	0	10	0				

2. — Étude de la prise de nourriture

Comme l'indique le tableau 2, l'extrait alcoolique de l'ensemble liber-écorce de pin est toujours fortement piqué par les insectes. Cette solution a permis de mettre en évidence les conditions de réponse optimales pour les insectes : un jeûne de 24 à 48 heures ou un exercice préalable suffisant.

Nous n'avons pas noté de différences significatives entre les trois concentrations relatives utilisées ou entre les divers prélèvements de pin, d'automne ou de printemps. L'extrait de *Pinus pinaster* est préféré à ceux des autres espèces, *Laricio* et *Weymouth*.

Il faut noter l'importance de l'humidification du substrat : sans imbibation du papier filtre, nous n'obtenons jamais de piqûre. L'eau n'est pourtant pas attractive en elle-même puisque les charançons ne piquent que très rarement le demi-cercle témoin ; c'est donc la combinaison d'hydro- et de chimiostimulus qui permet la piqûre.

La nature du support n'est pas indifférente aux Pissodes : si le papier filtre est toujours fortement piqué, le papier Joseph l'est beaucoup moins et la moelle de sureau pas du tout.

TABLEAU 2

*Résultats obtenus lors des tests biologiques
avec les extraits alcooliques et les solutions terpéniques*

Extraits alcooliques	n	Solutions terpéniques	n
<i>Extrait alcool. de P. pinaster</i>		distillat terpénique	0
écorce-liber. conc. 1	30	eau de distillation	0
0,2	23	culot de distillation	30
2	31	camphène 1 %	0
prélèvement d'hiver	40	0,1	0
prélèvement de printemps	38	0,001	0
extrait frais	39	β -pinène 1 %	0
extrait lyophilisé	38	0,1	0
<i>Extrait alcool. d'aiguilles</i>	0	0,001	0
<i>Extrait alcool. écorce-liber</i>		essence de térébenthine	
P. pinaster/P. Laricio/P. Weymouth	33/6/3	1 %	0
Chêne	0	0,1	0
<i>Solvant seul</i>	0	0,001	0

n : nombre moyen de piqûres sur 10 tests.

Les solutions terpéniques du commerce d'une part et le distillat obtenu à partir de l'écorce et du liber de l'autre, n'ont jamais induit de piqûre. Le culot de distillation, par contre, est fortement attractif. Les substances provoquant la première prise de nourriture n'ont donc pas été distillées ou bien sont masquées par les substances terpéniques fortement répulsives.

La chromatographie sur colonne Séphadex a permis de situer les substances recherchées vers des poids moléculaires élevés, avec possibilité de polymérisation.

D'autre part, les essais de solubilité dans l'eau et dans les solvants organiques de l'extrait alcoolique sec ont mis en évidence deux sortes de produits, l'un soluble dans les solvants polaires, l'autre dans les solvants apolaires. Ces deux résultats ont permis de nous orienter vers le grand groupe des phénols. Le test biologique permet à chaque étape de connaître la réaction des Pissodes et donc l'existence des substances recherchées.

La série des extraits obtenus par la méthode de LINDSTEDT à partir du mélange écorce-liber provoque des morsures d'autant plus nombreuses que l'acidité du produit est forte.

Dans la solution étudiée par chromatographie sur plaque, on met en évidence plusieurs composants sur le chromatogramme :

— trois taches de corps à propriétés très voisines : faibles R_F , couleur jaune virant au brun à la lumière, brune sous UV, réaction caractéristique à la vanilline,

spectres d'absorption comparables à celui des substances témoins. Il s'agit vraisemblablement du groupe des catéchines. Ces taches éluées et présentées aux insectes n'ont induit aucune piqûre.

— une tache à fort R_F , verte en lumière visible, mais altérable à l'air, rouge sous UV, sans réaction avec les révélateurs des phénols, donnant un spectre d'absorption à maximum situé vers 650-680 μ . C'est une phéophytine, pigment chlorophyllien dégradé. Ce composé n'a pas non plus entraîné de piqûre.

— une tache à R_F moyen suivi d'une traînée diffuse, jaune clair dans le visible, rouge orangé sous UV suivie d'une queue fluorescente jaune, se colorant en jaune par la soude, en orangé par l'acide sulfurique, en jaune par l'acide borique, réactions caractéristiques des flavonoïdes. La réaction au magnésium dans l'acide chlorhydrique pour les composants de la traînée met en évidence l'existence de flavones, la tache plus nette étant formée de flavonols et flavanones.

L'hydrolyse acide ne change que très peu la position des phénols sur le chromatogramme : seuls certains flavonoïdes de bas R_F sont hydrolysés, le glucide scindé paraissant être le glucose. Ces flavonoïdes se trouvent donc dans le pin sous forme d'aglycones, c'est-à-dire sous forme libre.

Ces composés flavonoïques, pris ensemble ou individuellement, ont tous provoqué de nombreuses piqûres.

CONCLUSIONS ET DISCUSSION

Dans l'étude du comportement à distance, les expériences en olfactométrie révèlent une nette répulsion des Pissodes vis-à-vis de leur hôte ou de ses composants terpéniques utilisés isolément. Ce résultat négatif peut être dû à l'appareillage, aux insectes, aux substances données ou à l'interaction de ces trois facteurs.

L'appareillage ne semble pas être en cause car, en l'absence de toute odeur, la distribution des animaux se fait au hasard.

Les insectes ont le même comportement, quels que soient leur état physiologique, leur motivation ou leur origine : les résultats sont homogènes, les Pissodes fuyant l'odeur de l'hôte. Or, dans les boîtes d'élevage, l'odeur de pin est très concentrée, ce qui n'empêche pas la prise de nourriture. Dans les cages, l'animal n'a pas de choix et il peut s'instaurer très vite une adaptation à cette concentration due à une anesthésie des chimiorécepteurs ; cette adaptation acquise, d'autres stimulus pourraient entraîner l'alimentation, thigmotactisme en particulier.

Les substances utilisées peuvent aussi expliquer en partie les résultats ; en effet, les produits émis par le rameau de pin ne s'évaporent pas tous à la même vitesse, l' α -pinène précède les dérivés terpéniques oxygénés, carvéol et terpinéol. Il serait intéressant de connaître l'action de tels composés qui se sont révélés être attractifs pour *Blastophagus piniperda* (KANGAS *et al.*, 1967). D'autre part, on connaît l'importance du facteur quantitatif dans les expériences de choix alimentaire. Les concentrations proposées se sont révélées répulsives, elles ne correspondaient peut-être pas aux besoins de l'insecte.

L'explication des résultats est sans doute plus complexe ; ISHIKAWA (in HANSON, 1968) a montré que l'alimentation de *Bombyx mori* était réglée par un certain rap-

port « phagodeterrent/phagostimulant » entraînant des résultats contradictoires obtenus dans des conditions différentes : RUDINSKY et ZETHNER-MØLLER (1967) notent des réponses positives chez *Hylastes nigrinus* pour l' α -pinène, le β -pinène et le camphène lors de tests sur le terrain, mais négatives pour ces mêmes tests au laboratoire. Au laboratoire, chaque stimulus est étudié séparément, dans la nature, c'est l'intégration de tout un complexe de stimulus au niveau du système nerveux central qui induit un certain comportement.

Dans l'étude de la prise de nourriture, nous avons mis en évidence le rôle joué par l'eau ; les Pissodes ne piquent le papier filtre que si celui-ci est humidifié. C'est un facteur nécessaire à l'alimentation mais non suffisant pour provoquer à lui seul des morsures. Aux chimiostimulus s'ajoutent donc des hydrostimulus indispensables à l'induction de la prise de nourriture. Chez *Scolytus multistriatus*, LOSCHIAVO (1963) note aussi l'importance de l'eau, la distribution des scolytes s'effectue au hasard lorsque les stations alimentaires sont sèches.

Nous avons aussi remarqué l'importance de la structure du substrat : les insectes piquent fortement le papier filtre mais non, ou très peu, le papier Joseph à grain plus fin ou la moelle de sureau, souvent employée par les auteurs. Le substrat cellulosique semble nécessaire, mais sa forme structurale n'est pas indifférente aux Pissodes. On sait que, pour un milieu artificiel, une bonne texture est une des conditions premières à l'alimentation des insectes, en particulier des phytophages (GUENNELON, 1967). Ce substrat cellulosique n'est peut-être pas indispensable : dans des études d'alimentation de *Scolytus mediterraneus*, ASCHER et GUREVITZ (1972) utilisent un support synthétique, le « styropor », disques de polystyrène qui, imprégnés de solutions, permettent la piqure de l'insecte. Nous n'avons pas expérimenté de substrat analogue.

Dans les conditions de nos expériences, les substances à caractère incitant ne correspondent pas aux composés terpéniques du pin. D'après les résultats obtenus, ce seraient des composés phénoliques qui joueraient ce rôle, plus particulièrement des flavonoïdes de type flavone et ses dérivés flavanones ou flavanonols, en majorité sous forme d'aglycones. La traînée de flavonoïdes obtenue sur le chromatogramme est formée de corps qui provoquent tous l'alimentation.

Il faut rappeler que nous n'avons étudié qu'une des fractions obtenue après extraction des phénols. Les autres ont toutes provoqué l'alimentation, qu'il s'agisse des composés solubles dans l'éther de pétrole et contenant des résines et des flavonoïdes hydroxylés, ou des fractions non solubles dans l'éther de pétrole et acidifiées. L'étude de ces solutions permettrait de savoir si, là encore, ce sont des phénols qui induisent les piqures ; peut-être existe-t-il aussi une synergie entre les divers corps qu'il serait intéressant de mettre en évidence.

Les composés flavonoïques sont nombreux chez les végétaux où ils présentent souvent un intérêt taxonomique important. Ce peut être des substances largement répandues comme la quercétine ou la rutine, la préférence du Pissode pour son hôte serait alors due à une certaine concentration de ces composés ou à l'absence de répulsifs. Il peut également s'agir de composés caractéristiques, nombreux chez les Gymnospermes et en particulier chez *Pinus pinaster* : chrysine et ses dérivés, pinocembrine, pinobanksine ou autres se trouvant dans l'écorce et le liber (MIROV, 1961). L'emploi de substances témoins permettrait une identification par chromatographie. Il serait aussi intéressant d'isoler les substances phénoliques des aiguilles de pin pour

connaître le comportement des *Pissodes* à leur égard ; les aiguilles renferment peut-être des substances répulsives en concentration assez forte pour empêcher l'alimentation.

Des flavonoïdes responsables de la morsure et de l'avallement ont été mis en évidence par HAMAMURA (1968) chez *Bombyx mori* ; l'isoquercétine par exemple est un des facteurs entraînant la morsure du ver à soie.

Il s'agit là d'un phénol fréquent chez de nombreux végétaux, l'absence de substances répulsives sur l'hôte permettrait l'alimentation. Semblable schéma pourrait aussi exister chez *Pinus pinaster* et entraîner une réponse identique pour *Pissodes notatus*.

Reçu pour publication en avril 1975.

REMERCIEMENTS

Ce travail a fait l'objet d'une thèse de 3^e cycle à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (1972).

Nous tenons à remercier M. Y. QUEINNEC (maître-assistant au Laboratoire de Psychophysologie de la Faculté) pour ses conseils dans les expériences olfactométriques, et M^{me} Jenny PHIPPS (chargée de recherche au C. N. R. S. à l'E. N. S. A. T.) pour l'aide apportée dans l'étude biochimique.

SUMMARY

STUDY OF THE EFFECTS OF EXTRACTS OF *PINUS PINASTER* ON ATTRACTION AND SAMPLING BY *PISSODES NOTATUS* F. (COL., CURCULIONIDAE)

Attraction of *Pissodes notatus* F. to, and sampling behavior on its host, *Pinus pinaster*, was studied under laboratory conditions.

Under the experimental conditions employed, volatile commercially available terpene derivatives, as well as these from pine branches, produced a clear repulsion when used in a McIndoo olfactometer.

Using a biological test, we attempted to determine the phagostimulants present. The results indicated that these were not terpene derivatives but phenolic substances which occur in the xylem and bark.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASHER K. S. R., MEISNER J., 1972. A further use of the « styropor method » : evaluating the responses of the Fruit Bark Beetle, *Scolytus mediterraneus* eggers, to extracts of its host plant. *Z. Pflankh. Pflschutz*, **79**, 215-222.
- CARLE P., 1975. Attraction interspécifique en forêt de *Porthetria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) et *Pissodes notatus* F. (Coleoptera, Curculionidae) par les déchets de vermourure (frass) d'*Orthotomicus erosus* WOLL. (Coleoptera, Scolytidae). *C. R. Acad. Sc., Paris*, **280**, Série D, 343-346.
- CARLE P., 1967. Contribution à l'étude biologique de *Pissodes notatus* F. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, **10-12**, 139-151.
- CHARARAS C., 1958. Rôle attractif de certains composants des oléorésines à l'égard des Scolytides des résineux. *C. R. Acad. Sc.*, **247**, Série D, 1653-54.

- DETHIER V. G., 1968. Some general considerations of insect responses to the chemicals in food plants. In *Control of Insect Behavior by Natural Products*, 81-92, Wood D. L. et al. edit., Academic Press, London.
- GUENNELON G., 1967. L'alimentation artificielle chez les insectes. *Rev. Zool. agric. et Appl.*, **66**, 20-28.
- HAMAMURA Y., 1968. The substances that control the feeding behavior and growth of the silkworm, *Bombyx mori*. In *Control of Insect Behavior by Natural products*, 55-80, Wood D. L. et al., edit., Academic Press, London.
- HANSON E., 1968. Sensory responses of phytophagous Lepidoptera to chemical and tactile stimuli. In *Control of Insect Behavior by Natural Products*, 81-92, Wood D. L. et al. edit., Academic Press, London.
- JOURDHEUIL P., 1963. L'appétence chez les insectes. *Ann. Nutr. Alim.*, **17**, 283-304.
- KANGAS E., PERTTUNEN V., OKSANEN H., RINNE M., 1967. Laboratory experiments on the olfactory orientation of *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae) to substances isolated from pine rind. *Acta Ent. Fenn.*, **22**, 1-87.
- KINZER H. G., RIDGILL B. J., REEVES J. M., 1972. Response of walking *Conophthorus ponderosae* to volatile attractants. *J. Econ. Entomol.*, **65**, 726-729.
- LINDSTEDT G., 1950. *Acta chem. Scand.*, **4**, 55-59.
- LOSCHIAVO S. R., BECK S. D., NORRIS D. M., 1963. Behavioral responses of Smaller European Elm Bark Beetle, *Scolytus multistriatus* to extracts of Elm Bark. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **56**, 764-768.
- MIROV N. T., 1961. The Genus Pinus. 465-499. Ronald, edit.
- PERTTUNEN V., 1957. Reactions of two Bark Beetle species, *Hylurgops palliatus* and *Hylastes ater* (Col., Scolytidae) to the terpene α -pinene. *Ann. Ent. Fenn.*, **23**, 101-110.
- PITMAN G. B., VITE J. P., 1971. Predator-prey responses to Western Pine Beetle attractants. *J. econ. entomol.*, **64**, 402-404.
- RUDINSKY J. A., ZETHNER-MØLLER O., 1967. Olfactory responses of *Hylastes nigrinus* (Col., Scolytidae) to various Host material. *Can. Ent.*, **99**, 911-916.
- SMEL'YANETS V. P., VASECHKO G. I., 1973. [The chemotactic responses of *Ips typographus* (Col., Ipsidae) to terpenoids]. Khemotaksisy *Ips typographus* (Col. Ipsidae) na terpenoidy. *Zool. Zh.*, **52** (7), 1089-1092.
- STAHL E., 1965. *Thin-layer chromatography*. Stahl edit., Springer-Verlag.
-

LES TRICHOGRAMMES

V (a). — PREMIERS RÉSULTATS SUR L'INTRODUCTION
EN ALSACE SOUS FORME DE LÂCHERS SAISONNIERS
DE L'ÉCOTYPE MOLDAVE DE *TRICHOGRAMMA EVANESCENS* WESTW.
CONTRE LA PYRALE DU MAÏS, *OSTRINIA NUBILALIS* HÜBN.

J. VOEGELE, M. STENGEL*, G. SCHUBERT*, Jeanne DAUMAL
et Jeannine PIZZOL

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches d'Antibes, I. N. R. A.,
37, boulevard du Cap,
06602 Antibes

* Station de Zoologie,
Centre de Recherches de Colmar, I. N. R. A.,
28, rue Herrlisheim,
68021 Colmar

RÉSUMÉ

L'utilisation des Trichogrammes en plein champ a été tentée pour la première fois en France. Il s'agit de lâchers inondatifs et saisonniers de *T. evanescens* WESTW. (écotype Moldave) contre *Ostrinia nubilalis* HÜBN. en Alsace. Les Trichogrammes utilisés proviennent de l'hôte de substitution *Ephesia kühniella*. La très grande efficacité de cet entomophage a été démontrée (86, 81 à 96,15 p. 100 des pontes parasitées, gain de 10 à 13,59 q de maïs par hectare). Elle repose sur le préconditionnement du Trichogramme au climat, sur la coïncidence des dates de lâcher avec le début de ponte de la Pyrale, qui peut être prévu, et la bonne connaissance de la distribution de la ponte.

I. — INTRODUCTION

Cette note résume les premiers résultats d'un essai de lutte réalisé en Alsace par introduction et lâchers saisonniers d'un écotype russe de *Trichogramma evanescens* WESTW. Une analyse plus détaillée de cette expérimentation fera en effet l'objet d'un travail ultérieur. Le choix de l'Alsace réside dans le fait que la Pyrale est strictement monovoltine dans cette région et se présente donc dans des conditions

comparables aux nombreuses régions de l'U. R. S. S. où la lutte biologique à l'aide des Trichogrammes est devenue pratique courante. Ces essais avaient pour objectif d'estimer l'efficacité des Trichogrammes suivant diverses modalités de lâcher dans l'espace et dans le temps. Ils devaient également nous assurer que la coordination à grande distance entre la production des Trichogrammes (Station d'Antibes) et la surveillance des populations de la Pyrale pour l'estimation des dates de lâcher (Station de Colmar) était réalisable.

II. — DÉGÂTS DE LA PYRALE ET MOYENS DE LUTTE TRADITIONNELS EN FRANCE

La Pyrale du Maïs *Ostrinia nubilalis* HÜBN. s'attaque à de nombreuses plantes (le Maïs, le Chanvre, le Millet, le Sorgho, le Houblon, le Fenouil, l'Armoise, etc.) (TELENGA, 1965 ; STENGEL, 1972). Le Maïs est cependant sa plante d'élection. Des pertes de l'ordre de 10 à 30 p. 100 de la récolte sont observées sur cette culture dans de nombreuses régions, plus particulièrement en Alsace, en Bresse et en Dombes, dans le Bassin parisien et le Sud-Ouest. Les dégâts touchent les feuilles, le panicule, la tige et l'épi, diminuant de 50 p. 100 le poids moyen des grains, tout en favorisant l'infection fongique sur le plant et sur le grain en cours de stockage (TELENGA, 1965 ; STENGEL, 1969).

En ce qui concerne la lutte contre ce ravageur, le recours aux insecticides chimiques ne semble plus satisfaisant depuis le retrait de l'homologation du DDT. Les esters phosphoriques destinés à remplacer ce produit sont aussi efficaces, mais trop toxiques, responsables de déséquilibres fauniques importants et surtout plus coûteux (SCHUBERT et STENGEL, 1974 ; STENGEL, 1975). L'utilisation du *Bacillus thuringiensis* est efficace mais le prix de cet entomopathogène reste encore élevé. Dans une telle conjoncture il était intéressant de rechercher si l'introduction d'entomophages spécialisés pouvait contenir la Pyrale en dessous de son seuil de nuisibilité, une telle mesure n'excluant pas, par ailleurs, de faire appel à d'autres méthodes de lutte complémentaires comme le hachage des tiges suivi de leur enfouissement par labour profond (ANGLADE, 1958 ; STENGEL, 1971) ou le choix de variétés de Maïs résistantes (ANGLADE et MOLLOT, 1968).

III. — PARASITISME NATUREL ET LUTTE BIOLOGIQUE

Le parasitisme naturel comporte une tachinaire *Lydella thompsoni* R. D. et un Ichneumonide *Horogenes punctoria* ROMAN qui peuvent parasiter occasionnellement jusqu'à 70 p. 100 des chenilles (GUENELON et AUDEMARD, 1960). La collecte d'un millier de pontes d'*Ostrinia* par la Protection des Végétaux associée à l'I. N. R. A. dans diverses régions de France ⁽¹⁾ n'a pu révéler l'existence du parasite embryon-

(1) P. V. d'Angers, Montreuil sous Bois, Toulouse, Fleury-les-Aubrais, Poitiers, Beaune, Bordeaux, Rennes, Lyon, Strasbourg et Clermont-Ferrand ; stations de Zoologie Bordeaux et Versailles, dont nous remercions vivement les collecteurs bénévoles.

naire *Trichogramma semblidis* signalé par POUTIERS en 1922. Dans d'autres pays, l'U. R. S. S. et l'Europe orientale, il existe par contre des races de Trichogrammes particulièrement bien adaptées à la Pyrale et qui font l'objet d'introductions massives saisonnières dans les cultures du maïs après multiplication dans des laboratoires spécialisés. Les premiers essais de lutte à l'aide de ces oophages semblent avoir été réalisés par ZIMIN, 1935, 1936 ; AFANASSEVA, 1936 *a, b* ; RISSAKOV, 1936 ; BOROU, 1936 ; BOURDANOV, 1938 et ESTERBERG, 1938. A la suite des travaux de DIADETCHKO (1956), ILIN (1958), KAMENKOVA (1958), KAMENKOVA et KOVALEVA (1958), KOVALEVA *et al.* (1955), TZELIK (1958), TKALITCH (1961), GOUSEVA (1962), TELENGA (1965), STOKOVSKA (1965), KARTAVZEV (1967, 1968), KOUZNETSOVA (1969), RADZIEVSKI (1973) ces traitements sont actuellement généralisés en U. R. S. S. et en Bulgarie (KARADZOV, 1969, 1973). Ils consistent à effectuer (VOEGELE, 1973) deux lâchers de 50 000 Trichogrammes en 50 points par hectare : le premier au début de la ponte de la Pyrale et le second dix jours après. De telles applications se traduisent par un gain moyen de récolte de 4 à 7 quintaux et un parasitisme des pontes de l'ordre de 60 à 80 p. 100.

IV. — MÉTHODE D'AVERTISSEMENT

En Alsace, du fait de conditions climatiques semi-continentales, la culture du maïs est soumise à des impératifs culturaux stricts : date de semis entre le 15 avril et le 15 mai (METTAUER et SCHENK, 1972) ; variétés de maïs précoces à semi-précoces, la variété *INRA 400* étant la plus tardive ; irrigations décidées par secteur en fonction de l'évapotranspiration (Bulletin de l'Irrigant de la Chambre d'Agriculture). A la somme de températures nécessaires pour l'achèvement du développement préimaginal de la Pyrale (380 degrés, jour $>$ à 10°C à compter du 1^{er} janvier) correspond par ailleurs une somme de température nécessaire à la floraison du Maïs (487 degrés). Le maximum des sorties a lieu pour 480 degrés. De ce fait la Pyrale trouve chaque année son hôte alimentaire à un même stade phénologique et peut ainsi commettre de mêmes types de dégâts (STENGEL, non publié).

La Chenille de la Pyrale hiverne en état de diapause et se nymphose environ 3 semaines avant la sortie de l'adulte. Cette observation est un premier critère susceptible de prévoir le début de vol de la Pyrale. Ce dernier s'étale, suivant les années, sur 6 à 8 semaines (50 p. 100 des adultes sortant cependant en trois semaines, 75 p. 100 en 4 semaines et 90 p. 100 des adultes en 6 semaines) (STENGEL, 1975). Le début du vol coïncide avec le stade du Maïs dit « panicule sensible dans le cornet », maïs de 60 à 80 cm de hauteur. Une méthode d'avertissement basée sur ces relations entre la Pyrale et le Maïs ainsi que des observations en cage d'élevage où sont maintenues en pleine nature des tiges de maïs infestées permet d'avertir les agriculteurs 3 semaines à l'avance de l'imminence du traitement insecticide contre la Pyrale (STENGEL, 1970).

L'emploi de phéromones sexuelles synthétiques (ANGLADE, 1974) dans des pièges à glu permet de déceler le début du vol de la Pyrale.

La date de dépôt des premières pontes dont dépendra la date des lâchers de Trichogrammes peut donc être estimée de quatre manières qui se complètent :

a) L'apparition de la première chrysalide permet de prévoir un début de sortie dans les 3 à 4 semaines.

b) Compte tenu de la protandrie de la Pyrale, les premières pontes sont observées environ 6 à 7 jours après la capture du premier mâle dans un piège à phéromone sexuelle.

c) Le début de la ponte coïncide avec les premières sorties en cage d'élevage.

d) Le début de la ponte coïncide avec le stade phénologique du maïs dit « panicule sensible dans le cornet », maïs de 60-80 cm, feuille relevée.

Les conditions climatiques ne sont pas uniformes dans toute l'Alsace (décalage de 3-4 semaines entre Colmar et le Sundgau). Cette constatation nous a amenés, en collaboration avec les Chambres d'Agriculture, à créer un réseau de cages de sorties contrôlées quotidiennement par les producteurs ou les conseillers agricoles (STENGEL, 1975). Ces différentes techniques d'approche de la date de dépôt des premiers œufs

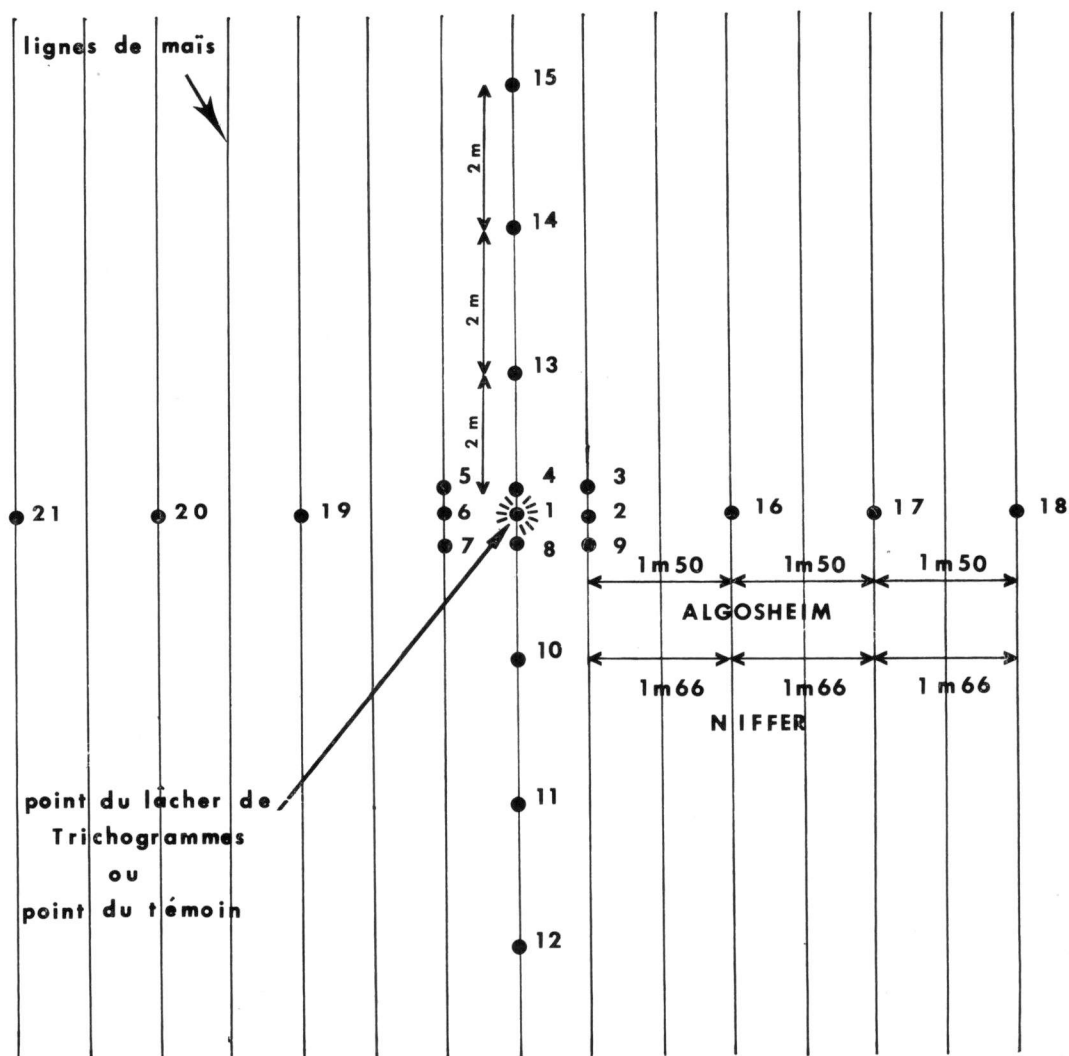


FIG. 1. — Numérotation des pieds sur lesquels portent les contrôles

nous ont permis, au cours de l'année 1974, d'assurer la coordination de la mise en route de la production des Trichogrammes, de leur conditionnement et de leur transport sur les lieux de lâcher, malgré l'éloignement considérable des stations d'Antibes et de Colmar.

V. — DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Les essais ont été faits dans deux champs de maïs, l'un en culture sèche (Niffer), l'autre en culture irriguée par aspersion (Algosheim). La parcelle de base ou unité de traitement mesure environ 25 ares et comprend 9 points de lâcher. Les points de lâchers sont distants de 14 m, norme utilisée en U. R. S. S. où de tels lâchers sont devenus pratique courante sur des millions d'hectares. Cette distance facilement mesurable sur le rang de semis, est approchée entre les rangs (tous les 20 rangs espacés de 75 cm à Algosheim et tous les 18 rangs espacés de 80 cm à Niffer).

Il a été fait appel aux 3 modalités de lâcher suivantes avec 3 répétitions par unité de traitement :

- 1) à l'état d'imago (A),
- 2) à l'état de nymphe dans l'œuf hôte collé sur une plaquette de carton (P),
- 3) à l'état de nymphe dans l'œuf hôte saupoudré sur le végétal préalablement aspergé d'eau (S).

L'essai comprend 5 unités de traitement à Algosheim et 3 unités à Niffer. Dans chacun des lieux de traitement, un témoin égal en surface a été laissé dans le même champ le plus loin possible en fonction de la surface disponible (119 m à Algosheim et 64 m à Niffer). De plus, à Algosheim, la partie du champ située entre le témoin et la partie « Trichogrammes » a été traitée au *Bacillus thuringiensis*.

Il a été procédé à Algosheim à trois lâchers, le premier le 28 juin (début de ponte de la Pyrale), le second le 8 juillet (optimum de ponte de la Pyrale et le troisième le 18 juillet (en fin de ponte de la Pyrale). Un quatrième lâcher supplémentaire a été fait le 1^{er} août à Niffer à la suite de l'étalement du vol dans ce secteur.

Les contrôles ont été effectués le 28 juin, le 30 juillet, le 8 août et le 30 août. Ils portent, pour les trois derniers, sur l'examen visuel par point de lâcher et par point correspondant du témoin, de 15 à 21 pieds suivant la figure 1, les pieds n° 2 et 9 étant les plus proches du pied n° 1 sur lequel a été effectué le lâcher. Un cinquième contrôle, effectué le 30 septembre à Niffer et le 9 octobre à Algosheim, donne le nombre de chenilles, le type de dégât et le poids de la récolte par pied.

VI. — ÉVOLUTION DE LA POPULATION DE LA PYRALE

En vue de limiter les interventions insecticides contre la Pyrale du Maïs et de les rentabiliser, nous avons mis au point une méthode de prévision des dégâts de la Pyrale basée sur la quantité de ponte recensée le jour du traitement (optimum de ponte). Le seuil de ponte déclenchant l'intervention insecticide se situe au niveau de 10 à 15 p. 100 de pieds portant au moins une ponte en fonction de la variété et de la densité de semis. Le recensement des pontes s'effectue sur 5 lots de 100 pieds sur une ligne, répartis l'un au centre, les autres dans chaque angle de la parcelle (10^e rang de 10 m dans le rang) (STENGEL, 1970).

Cette méthode de recensement a décelé à Algosheim 0,2 pontes pour 100 pieds le 26 juin et 3 pontes le 28 juin. Une autre approche de l'estimation de densité de ponte est représentée par la méthode des quadrats (REMAUDIÈRE *et al.*, 1962). Elle consiste à placer quatre personnes à 10 mètres de distance entre les lignes pour l'examen du nombre de plants contenus dans un cadre de 25 cm de côté (1 à 2 pieds suivant les densités). Les prospecteurs parcourent ensuite sur la ligne des distances de 50 mètres jusqu'à franchissement de la parcelle. Cette méthode donne une approche

voisine de la précédente (0,20 et 2,7 pontes respectivement). La distribution des pontes de la Pyrale sur le plant de maïs est intéressante à examiner. La figure 2 montre la fréquence observée et la fréquence relative cumulée par feuille. Selon le degré d'infestation, 98-95 p. 100 des pontes sont réparties sur les feuilles 2 à 8 comptées en partant de la base, 90-67 p. 100 sur les feuilles 3 à 8, 77-45 p. 100 sur les feuilles 3 à 6.

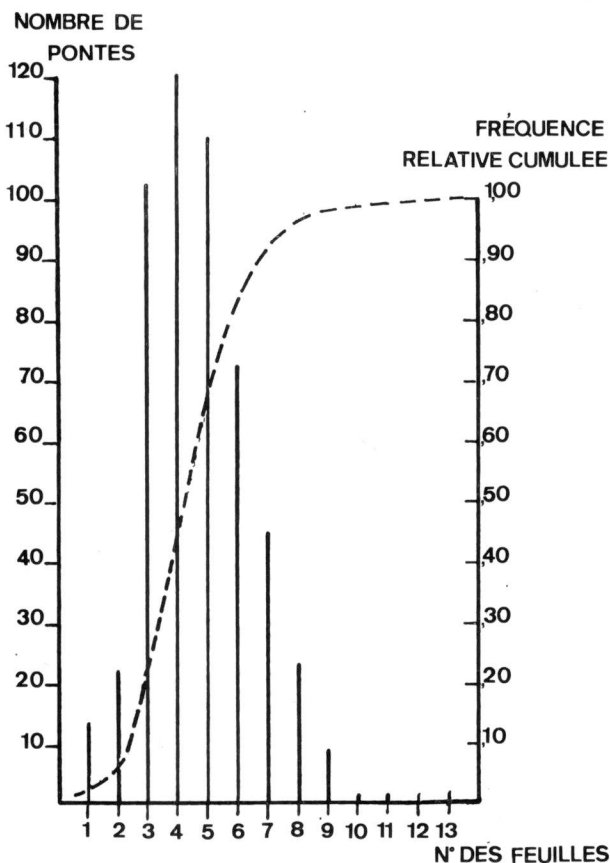


FIG. 2. — Fréquence et fréquence relative cumulée des pontes de Pyrale sur les différentes feuilles du plant de maïs (numérotées à partir de la base)

Pour une approximation acceptable de la densité de pontes par pied, il est ainsi possible de se limiter à l'examen des 4 feuilles 3 à 6 en cas d'infestation forte et des 6 feuilles 3 à 8 en cas d'infestation faible.

VII. — CHOIX DE L'ÉCOTYPE ET TECHNIQUE DE LACHER

Nous avons choisi comme souche de *Trichogrammes* pour nos lâchers l'écotype de *Trichogramma evanescens* WESTW. originaire de Moldavie, région où les conditions climatiques sont proches de l'Alsace et où il est utilisé couramment dans la lutte

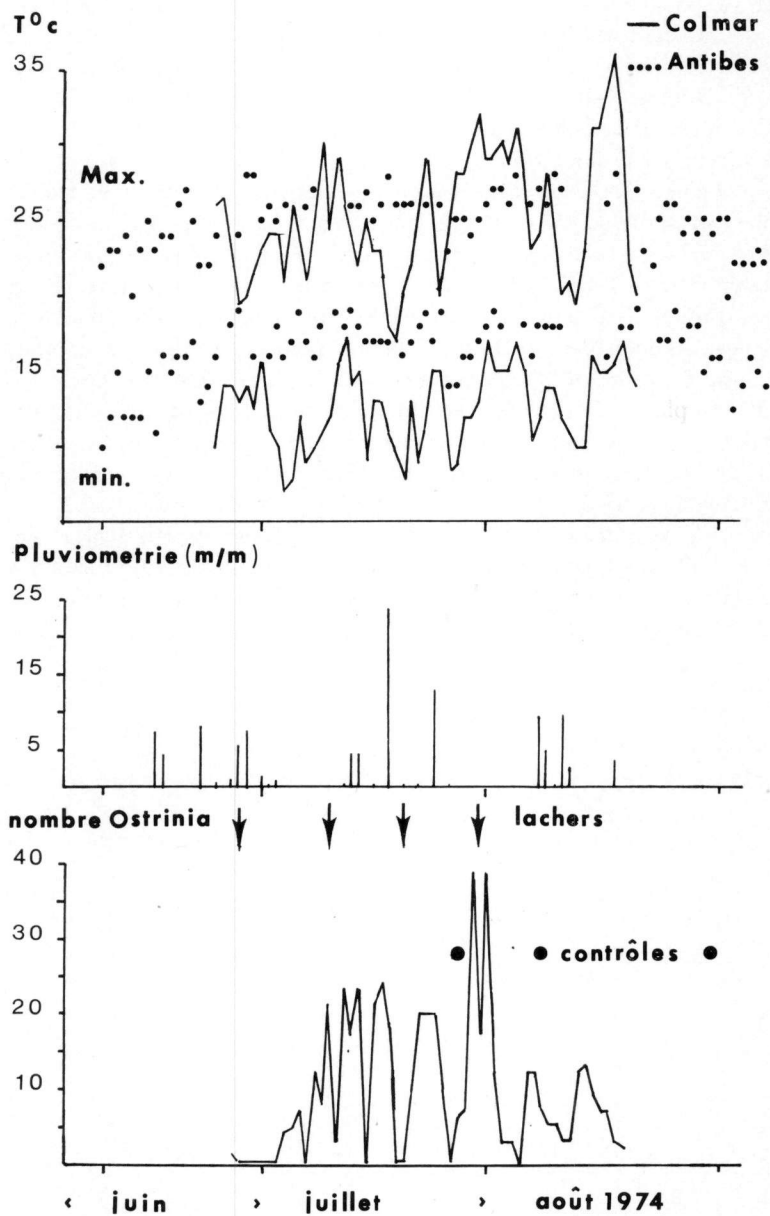


FIG. 3. — Données météorologiques de Niffer (Colmar) et d'Antibes de juin à août 1974 avec, pour Niffer, la courbe de vol de la Pyrale, les dates de lâcher de Trichogrammes (↓) et les dates de contrôle (●)

contre la Pyrale du Maïs. Dans des tests d'attractivité effectués au laboratoire (VOEGELE, non publié), cet écotype s'est révélé, vis-à-vis de la Pyrale, le plus spécifique par rapport à 9 souches de la même espèce et par rapport aux espèces suivantes : *T. brasiliensis* ASHM., *T. maltbyi* NAGARK., *T. euproctidis* GIR., *T. acheae* NAGARAJA et NAGARKATTI, *T. minutum* RILEY, *T. australicum* GIR., *T. semifumatum* PERKINS, *T. chilotrae* NAG. et NAG., *T. perkinsi* GIR., *T. praetiosum* RILEY, *T. fasciatum* PERKINS, *T. japonicum* ASHM. Cet oophage a été multiplié au laboratoire sur l'hôte de substitution *Ephestia kühniella* ZELL. dont nous avons signalé par ailleurs la méthode d'élevage (DAUMAL *et al.*, 1974). Les œufs de cet hôte après traitement aux ultra-violets et au froid (VOEGELE *et al.*, 1974), sont collés sur des plaquettes de carton de 6 cm × 1 cm, soit après rapide lavage à l'eau à l'aide d'un pinceau, soit à sec par saupoudrage, les plaquettes ayant été au préalable recouvertes de colle à base de gomme arabique. 1 000 œufs sont ainsi distribués par plaquette. Au verso de celle-ci l'on dispose en outre des gouttelettes de miel pour l'alimentation des oophages. On introduit une centaine de Trichogrammes adultes par tube bouché avec du coton contenant une plaquette d'œufs. Le tube est laissé à 28°C jusqu'à l'apparition de la prénympe puis placé à 12°C pour le ralentissement du développement des Trichogrammes. Cette technique permet la multiplication des oophages au laboratoire. Les œufs parasités destinés aux lâchers aux dates du 28 juin, 8 juillet et 18 juillet déterminés par la date d'apparition des premières chrysalides en Alsace (début juin) subirent un traitement particulier. Les œufs furent parasités (toujours dans le rapport 100 Trichogrammes pour 1 000 œufs) à 28°C pendant 30 heures puis exposés aux conditions de la nature sous abri et stockés à 12°C (tabl. 1).

TABLEAU I

Conditionnement des Trichogrammes destinés aux lâchers

Dates du lâcher	Dates du début de parasitisme des pontes	Durée du parasitisme à 28°C	Durée de l'exposition sous abri	Durée de l'exposition à 12°C	Divers
28-6	17-6	30 heures	7 jours	2 jours	
8-7	24-6	30 heures	6 jours	4 jours	Exposition sous abri de 2 jours
18-7	8-7	30 heures	6 jours	2 jours	
1-8	17-7	30 heures	6 jours	4 jours	Voyage du 28 au 29-7 Stockage à 12° du 29-7 au 1-8

Le ralentissement du développement a été rendu obligatoire pour obtenir les sorties des Trichogrammes aux dates prévues pour les lâchers en Alsace et également pour assurer un regroupement des émergences. De même, afin d'éviter les expositions sous abri à des températures maximales supérieures à 25°, les œufs parasités furent

placés à 25°C au laboratoire de 11 h 30 à 16 h lors des journées chaudes et ensoleillées.

La veille du lâcher, on partagea les œufs parasités en trois lots comportant, le premier, 24 plaquettes (P) de 1 000 œufs chacune dans leur tube, le second, 24 tubes (S) avec 1 000 œufs non collés, le troisième, 24 pots de type yaourt (A) de 1 000 œufs en mélange avec des folioles de feuille d'Acacia. Après un voyage de nuit en train ces lots furent distribués tôt le matin dans les parcelles d'essai, suivant le dispositif expérimental décrit précédemment à raison d'une plaquette (P), d'un pot (A) ou d'un tube (S) par point de lâcher. La plaquette fut fixée sous une feuille de maïs à l'aide d'une attache parisienne, les œufs du tube S saupoudrés sur le végétal préalablement humecté d'eau et les folioles du pot (A), (recouvertes par des œufs parasités prêts à éclore et surtout par des *Trichogrammes* adultes), réparties à l'aisselle des feuilles du plant de maïs.

VIII. — RÉSULTATS

Les températures sous lesquelles se déroula à Antibes le développement des *Trichogrammes* et celles où évoluèrent les populations de *Pyrale* en Alsace sont regroupées dans la figure 3 avec les précipitations, les dates de prévision de vol des *Pyrales*, les dates de lâcher et de contrôle.

1. — *Pontes parasitées*

La larve au troisième âge du *Trichogramme* sécrète un cocon dont la coloration grise puis noire au stade prénympe-nympe est visible par transparence à travers le chorion de l'œuf de la *Pyrale*. Cette caractéristique permet de reconnaître les pontes parasitées (avec un trou de sortie ou non), en plein champ. Aucune ponte parasitée ne pût être décelée avant le lâcher du 28 juin.

TABLEAU 2

*Pontes parasitées et écloses et pourcentage de pontes parasitées
au cours des contrôles du 30-7, 8-8 et 30-8 à Niffer et Algosheim*

Contrôle	Traitement	Niffer			Algosheim		
		Pontes parasitées	Pontes écloses	Pourcentage de pontes parasitées	Pontes parasitées	Pontes écloses	Pourcentage de pontes parasitées
30-7	Lâcher	75	3	96,15	103	9	91,07
	Témoin	2	26	7,14	1	33	2,94
8-8	Lâcher	166	18	90,21			
	Témoin	15	75	16,66			
30-8	Lâcher	79	12	86,81	8	1	88,88
	Témoin	9	42	17,64	0	11	0

Le parasitisme des pontes dans les parcelles traitées est très élevé. Il oscille en effet du 30-7 au 30-8 entre 96,15 et 86,81 p. 100 (tabl. 2). La dispersion des Trichogrammes est également importante. Elle gagne de manière homogène toute la parcelle traitée et s'étend même bien au-delà, ce que confirme la ponte parasitée trouvée à Algosheim dans la parcelle témoin en un point situé à 147 m du point de lâcher le plus proche et les deux pontes parasitées du témoin de Niffer situées à 78 m du traité. Cette dispersion est d'autre part rapide car une des pontes parasitées dans le témoin à Niffer était déjà éclos à un moment où seule une ponte dans la parcelle traitée présentait des trous de sortie de Trichogrammes. Il est à noter que le nombre de pontes partiellement parasitées est relativement faible (1,9 p. 100 à Algosheim et 5,3 p. 100 à Niffer). Si l'on tient compte des cas de prédatisme par les punaises prédatrices et du dérangement des Trichogrammes en cours de ponte provoqué par le passage des observateurs dans les parcelles, les pontes partiellement parasitées sont exceptionnelles.

2. — Dégâts

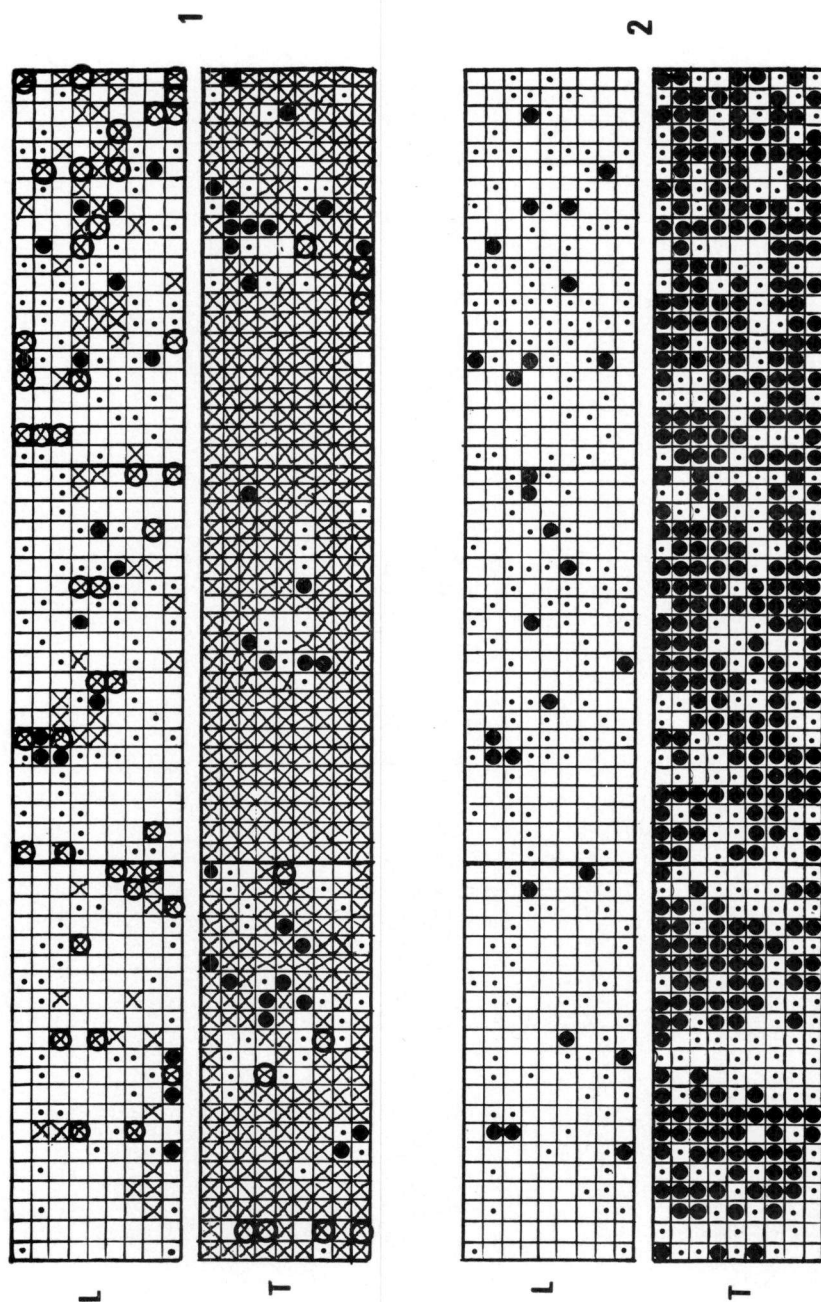
Le tableau 3 nous montre que les attaques des pieds de maïs par la Pyrale, peu apparentes jusqu'au 8 août, deviennent intenses à compter du 30 août. Elles sont environ deux fois plus élevées à Niffer qu'à Algosheim (83-91 p. 100 des pieds et 42-49 p. 100 respectivement). Le rapport, pourcentage de pieds attaqués de la parcelle témoin, pourcentage de pieds attaqués de la parcelle traitée, est, par contre, comparable dans ces deux localités (4,2 le 30-8 et 4,8 le 9-10). La grande différence dans les attaques entre parcelle traitée et parcelle témoin est particulièrement bien mise en relief par la figure 4 qui regroupe les résultats du contrôle du 9 octobre à Niffer.

TABLEAU 3

Nombre de pieds attaqués au cours des contrôles des parcelles traitées et témoin du 30-7, 8-8, 30-8 et 9-10 à Niffer et Alghosheim

		Contrôle 30-7		Contrôle 8-8		Contrôle 30-8		Contrôle 9-10	
		Pieds attaqués	Pieds observés	Pieds attaqués	Pieds observés	Pieds attaqués	Pieds observés	Pieds attaqués	Pieds observés
Niffer	Lâcher	2	405	38	567	123	567	99	567
	Témoin	15	405	97	567	516	567	476	567
Algosheim	Lâcher	9	675			96	945	96	945
	Témoin	46	675			398	945	464	945

Une échelle d'intensité des dégâts peut être définie (ANGLADE in lit.) 0 : pas de dégât ; 1 : dégât faible ; 2 : panicule cassée ou une feuille cassée ; 3 : panicule cassée plus une feuille cassée ; 4 : tige cassée au-dessus de l'épi femelle ou plusieurs feuilles cassées ; 5 : tige cassée juste au-dessus de l'épi femelle ou toutes les feuilles au-dessus

FIG. 4. — Efficacité des lâchers de *Trichogramma evanescens westw.*

En 1 : nombre de pieds attaqués.

x dégât visible avec présence de chenille ; ⊗ dégât visible avec absence de chenille

• dégât non visible avec présence de 1 à 2 chenilles ; • dégât non visible avec présence de plus de 2 chenilles

En 2 : nombre de chenilles par pied

• 1 à 2 chenilles (seuil de tolérance) ; • 3 à 20 chenilles (dégâts)

L : Lâchers ; T : Témoins

de l'épi cassées ou plusieurs feuilles tombées ou pédoncule de l'épi attaqué ; 10 : tige cassée au-dessous de l'épi ou épi tombé à terre. Le tableau 4 permet de comparer le type de dégâts 0-5 à 10.

TABLEAU 4

*Nombre de pieds attaqués sur les neuf pieds centraux des lâchers
et pieds correspondants des témoins à Niffer et Algosheim
en fonction des dégâts*

		Algosheim		Niffer	
		Lâcher	Témoin	Lâcher	Témoin
Échelle des dégâts	0-5	42	150	33	147
	10	18	74	14	62
Nombre de pieds examinés		$81 \times 5 = 405$	$81 \times 5 = 405$	$81 \times 3 = 243$	$81 \times 3 = 243$

On constate que le nombre de pieds attaqués est nettement plus élevé dans les témoins que dans les traités. Les risques de dégâts graves (perte de l'épi : 10), sont, par ailleurs, comparativement aux autres types de dégâts, moins importants dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins.

3. — *Nombre de chenilles par pied*

Au moment de la récolte, tous les 21 pieds servant de contrôle par point de lâcher et par point correspondant de la parcelle témoin ont été fendus sur toute leur longueur avec les pédoncules des épis pour le comptage des chenilles. Le nombre de chenilles par pieds ainsi relevé donne une indication intéressante de l'importance des dégâts. Selon KARADZOV (1969) et selon nos propres observations, le plant de maïs tolère en effet la présence d'une à deux chenilles. Au-delà de ce nombre la récolte est compromise.

TABLEAU 5

*Nombre de pieds avec 1 à 2 chenilles ou plus dans les parcelles traitées
et témoin au moment de la récolte à Niffer et Algosheim*

	Niffer				Algosheim			
	Pieds à 1 à 2 chenilles	Pieds à plus de 2 chenilles	Pieds observés	Nombre de chenilles pour 100 pieds	Pieds à 1 à 2 chenilles	Pieds à plus de 2 chenilles	Pieds observés	Nombre de chenilles pour 100 pieds
Lâcher	168	26	567	52	111	5	945	7,6
Témoin	176	348	567	349	356	42	945	63

Le tableau 5 et la figure 4 groupent les données. Ils démontrent que les Trichogrammes, en épargnant un certain nombre de pontes, permettent l'infestation de 1/9 (Algosheim) à 1/3 (Niffer) des plants avec une à deux chenilles (seuil de tolérance). On voit également que grâce à l'action des Trichogrammes le nombre de pieds à plus de deux chenilles (dégâts certains) est considérablement réduit par rapport au témoin.

Les contrôles des dégâts ont été réalisés par examen visuel des pieds de maïs en plein champ. Dans ces conditions, au moment de la récolte, après lessivage des déjections de la Chenille par la pluie, certains trous d'entrée de Pyrale situés sur des plants où aucune cassure n'est décelable échappent à l'observation. Ces pieds, bien que nombreux (fig. 4), n'ont pas été considérés comme attaqués dans les tableaux 3 et 4.

Inversement, des pieds dont les attaques de la Pyrale sont visibles, peuvent parfois être abandonnés par la Chenille responsable des dégâts (fig. 4).

4. — Rendement

Le rendement est exprimé par le poids sec des grains auquel on ajoute 15 p. 100 d'humidité pour obtenir le poids commercial. Il a été calculé à partir des 9 épis des 9 pieds de contrôle centraux. Les rendements moyens, en quintaux, ramenés au nombre de pieds par hectare sont groupés dans le tableau 6.

TABEAU 6

*Rendement moyen en quintaux par hectare
dans les parcelles traitées et témoins à Niffer et Algosheim*

	Niffer	Algosheim
Lâcher	53,8	102,7
Témoin	43,8	89,2

On voit qu'un gain de récolte appréciable est obtenu par hectare à la suite du traitement par les Trichogrammes : 10 q à Niffer et 13,5 q à Algosheim.

5. — Comparaison traitement Trichogramme et traitement *Bacillus thuringiensis*

Un traitement au *Bacillus thuringiensis* fut réalisé le 16 juillet à Algosheim, au même emplacement que l'essai précédent et avec un contrôle de plants identiques, à raison de 25 kg/ha de Dipel (Abbott) granulé ayant comme support des tourteaux de germes de maïs titrant 320 UAAK par mg.

Le 30 août le nombre de pieds attaqués est deux fois plus élevé que dans la parcelle traitée aux Trichogrammes. Le nombre de pieds attaqués, le nombre de

chenilles et le rendement ont été par la suite relevés au moment de la récolte sur les 9 pieds centraux des points de lâcher des Trichogrammes et comparés aux résultats observés sur la parcelle témoin et traitée avec *Bacillus thuringiensis* (tabl. 7).

TABLEAU 7

Nombre de chenilles, de pieds attaqués sur 405 pieds (5×81 pieds)
et rendement moyen en q/ha observés sur les parcelles témoins et traitées
avec *Bacillus thuringiensis* et *T. evanescens*

	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Lâchers de Trichogrammes	Témoin
Chenilles	90	31	260
Pieds attaqués	120	77	303
Rendement	99	102,7	89,2

On constate que le traitement à l'aide des Trichogrammes est supérieur à celui de *Bacillus thuringiensis* bien que ce dernier soit également très efficace, tant par la diminution des chenilles et des pieds attaqués, que par l'augmentation de rendement auquel il aboutit par rapport à la parcelle témoin.

IX. — CONCLUSION

L'Alsace réunit un ensemble de conditions particulièrement favorables à l'utilisation des Trichogrammes contre la Pyrale du Maïs. Les populations d'*Ostrinia nubilalis* y sont fortes, univoltines et profitent d'une culture en voie d'extension. Le parasitisme naturel est peu important et les Trichogrammes indigènes inexistant. Un réseau de stations d'avertissement permet de prévoir les dates de vol et de ponte du ravageur. Grâce à une méthode d'échantillonnage bien au point il est par ailleurs possible d'estimer à tout moment le nombre de pontes déposées.

Le choix de la souche de Trichogramme utilisée a été grandement facilité par le fait qu'il existait un écotype moldave de *T. evanescens* déjà bien adapté à la Pyrale, ce que des tests de spécificité parasitaire confirment au laboratoire, et à un climat proche de celui de l'Alsace.

Dans cet essai les lâchers inondatifs et saisonniers de Trichogrammes sont à distinguer de ceux réalisés en U. R. S. S. Il s'agit, dans notre cas, de l'introduction d'un entomophage nouveau dans une biocénose et de son acclimatation. Cette absence de toute population locale de Trichogrammes a entraîné pour corollaire une augmentation du nombre des individus lâchés (150 000/ha au lieu de 100 000). Par ailleurs, à la suite de conditions climatiques inhabituelles (froid et pluie), le décollage exceptionnel en 1974, et à Niffer seulement, du vol de Pyrale en fin juillet, nous a obligés à procéder à un quatrième lâcher (3 lâchers sont généralement recommandés

par les auteurs russes). Il y a lieu de remarquer également que les Trichogrammes lâchés ont été produits à partir d'œufs d'*Ephestia kühniella* et non de *Sitotroga cerealella*.

La réussite des traitements avec ce type d'entomophage réside essentiellement dans la bonne coïncidence des dates de lâcher avec le début de ponte de la Pyrale et la surveillance de l'étalement de la ponte de ce ravageur. Ces essais démontrent que les Trichogrammes utilisés pour les lâchers peuvent être produits en un point géographique très éloigné des lieux de traitement et soulignent le potentiel de dispersion et la grande capacité de découverte de l'hôte de ces oophages. Les lâchers inondatifs et saisonniers représentent une méthode de lutte particulièrement intéressante contre la Pyrale. Elle est plus efficace que l'utilisation des insecticides tout en étant moins onéreuse et supérieure au traitement avec *Bacillus thuringiensis*.

On peut se demander si de tels traitements étendus à tout un îlot écologique ne seraient pas à même de contenir les pullulations de Pyrale non seulement pour une saison mais pour plusieurs années consécutives.

Reçu pour publication en juin 1975.

SUMMARY

TRICHOGRAMMA.

V (a). — FIRST RESULTS OF THE INTRODUCTION IN ALSACE
OF THE MOLDAVIAN ECOTYPE OF *TRICHOGRAMMA EVANESCENS*
WESTW. AGAINST *OSTRINIA NUBILALIS* HÜBN. USING
THE OVERFLOWING AND PERIODICAL RELEASES METHOD

The use of Trichogramma in field conditions was tried for the first time in France. The purpose is overflowing and periodical releases of *T. evanescens* westw. (Moldavian ecotype) against *Ostrinia nubilalis* HÜBN in Alsace. *Ephestia kühniella* ZELL. was the breeding host. The very great efficiency of this entomophagous insect has been proved (86, 81-96, 15 p. 100 parasited eggs, 10-13,5 q maize/ha yield gain) and is based upon the Trichogramma preconditioning to climate, the coincidence between dates of release and date of the borer egg laying starting which might be estimated, and good knowledge of egg laying distribution.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANGLADE P., 1958. Influence de l'enfouissement des tiges de maïs sur l'hivernation et la survie des chenilles endophytes de *Pyrausta nubilalis* HÜBN. et *Sesamia nonagrioides* LEF. *Ann. Épiphyties*, **9**, 371-385.
- ANGLADE P., MOLLOT P. M., 1968. Résistance commune du Maïs à l'Helmintosporiose (*H. turcicum* PASS.) et à la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HÜBN.) en relation avec la présence d'une substance identifiable à la 6-methoxy-2(3) Benzoxalinone. *Ann. Épiphyties*, **19**, 75-95.
- ANGLADE P., 1974. Emploi des substances olfactives des insectes en grande culture. *Colloque sur la Recherche et les applications des substances attractives sexuelles des Insectes*, I. N. R. A., 14 février, 17-18.
- AFANASSEVA O. V., 1936 a. Emploi des Trichogrammes dans la lutte contre le carpocapse et la Pyrale du Maïs. v. K.A. « Itogy ». *Travail VIZR* 1935, 307-308.
- AFANASSEVA O. V., 1936 b. Méthode de lutte biologique contre la Pyrale du Maïs et autres espèces des champs. Station expérimentale de cultures céréalières du Kouban vnii, *travail de 1931-1935*, 92-94.
- BOROU M. P., 1936. Quelques observations sur la Pyrale du Maïs *Pyrausta nubilalis* HB. dans l'Asie moyenne de 1930 à 1935. *Naoutchn. Bioul. Vnii khlopha, Tachkent*, **6**, 75-83.

- BOURDANOV G. B., 1938. Emploi du parasite *Trichogramma evanescens* WESTW. dans la lutte contre la Pyrale du Maïs *Pyrausta nubilalis* H. B. *Zach. Rast.*, **16**, 35-40.
- DAUMAL J., VOEGELE J., BRUN, 1975. Les Trichogrammes. II. Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution : *Ephestia kuehniella* ZELL. (*Lepidoptera Pyralidae*). *Ann. Zool. Écol. Anim.*, **7**, 45-59.
- DIADETCHKO N. P., 1956. Emploi du Trichogramme jaune dans la lutte contre la Pyrale du Maïs dans les conditions de l'irrigation. *Bioul. Aaouch. Tech. informatz. Kiev*, **32-44**.
- DIADETCHKO N. P., TROGNE N. M., 1968. Emploi expérimental des Trichogrammes (*T. evanescens* WESTW.) contre la Pyrale du Maïs dans les conditions ukrainiennes. *13^e congrès Intern. Entom.*, **2**, 142-143.
- ESTERBERG L. K., 1938. Connaissance des parasites du papillon des steppes *Pyrausta nubilalis* H. B. *Vgorkovskoi obl. Outch. Zapiskigou Gorkii*, **8** S, 16-18.
- GOUSEVA T. M., 1962. Expérimentation dans l'emploi des Trichogrammes contre la Pyrale du Maïs. *Zach. Rast. ot. vred. i bolesnei*, **5**, 30 p.
- GUENNELON B., AUDEMARD H., 1960. La pyrale du Maïs *Ostrinia nubilalis* HBN. dans la basse Vallée du Rhône. Observations écologiques et incidences économiques. *Ann. Épiphyties*, **11**, 337-345.
- ILIN I., 1958. Lutte par la méthode biologique contre la Pyrale du Maïs. *Ziarno i kortovie koultouri.*, **6** (c), 21-23.
- KAMENKOVA K., 1958. Parasites et prédateurs de la Pyrale du Maïs dans la région de Tcherka. *Zach. Koukourouzi ot vredit i bolesn.*, 24-24.
- KAMENKOVA K., KOVALEVA M., 1958. Emploi des Trichogrammes dans la lutte contre la Pyrale du Maïs. *Zach. Koukourouzi ot vreditel i bolesne sbornik state*, 34-39.
- KARADZOV S., 1969. Les Trichogrammes dans la lutte biologique contre les ravageurs des cultures. *Sofija zemizdat.*, 28 p.
- KARADZOV S., 1973. Les oophages du genre *Trichogramma* et leur utilisation dans la lutte biologique en Bulgarie. *Colloque franco-bulgare 24-30 Sept.* Avignon. Lutte intégrée, 3 p., **4**, 22-24.
- KARTAVZEV N. I., 1967. Les Trichogrammes contre la Pyrale du maïs. *Zach. Rast.*, **9**, p. 27.
- KARTAVZEV N. I., 1968. Biologie de formes et espèces spéciales de Trichogrammes et l'efficacité de leur emploi dans la lutte contre la Pyrale du Maïs. *Trud. vce Naout. Issl. Inst. Zach. Rast.*, **31**, 63-85.
- KOVALEVA M., KAMENKOVA K., KOVAL K., 1955. Parasitisme des œufs de la Pyrale du Maïs par les Trichogrammes. B. M. 1955.
- KOUZNETSOVA E. I., 1969. Parasites de la Pyrale du Maïs. *Zach. Rast.*, **1**, p. 59.
- METTAUER H., SCHENK Ch., 1972. De l'influence des dates de semis sur le comportement des variétés de maïs cultivé en Alsace. *C. R. Acad. Agric. France*, **58**, 880-887.
- POUTIERS R., 1922. La Pyrale du Maïs et ses parasites. *Riviera scientifique* **9** (1), 1-5.
- RADZIEVSKI L., 1973. Les Trichogrammes contre le papillon des steppes (la Pyrale du Maïs). *Zach. Rast.*, **5**, p. 18.
- REMAUDIÈRE G., SKAF R., YUKSEL, 1962. Surveillance et estimation des densités de la punaise des céréales : *Eurygaster integriceps* PUT. *Sunn. Pest Circ.*, **8**, 12 p.
- RISSAKOV, 1936. Essai de lutte biologique contre la Pyrale du Maïs. *Itogi i rabot VIZR. za 1935*, 309-310.
- SCHUBERT G., STENGEL M., 1974. Comparaison de l'activité insecticide de quatre formulations à base de *Bacillus thuringiensis* et d'un ester phosphorique sur la Pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* HÜBN). *Rev. Zool. agric. Pathol. vég.*, **73**, **2**, 47-52.
- STENGEL M., 1969. Influence de l'attaque de la Pyrale (*Ostrinia nubilalis* HÜBN., *Lepidopt.*, *Pyralidae*) sur le poids et la qualité des grains de maïs en fonction du type de dégâts dans les cultures en Alsace. (France). *Rev. Zool. agric. Pathol. vég.*, **68**, **10-12**, 101-112.
- STENGEL M., 1970. Une méthode de prévision des dégâts de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HÜBN *Lépidopt. Pyralidae*). Mise au point de la lutte dans les cultures de la plaine d'Alsace. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **2** (3), 309-325.
- STENGEL M., 1971. Le bûchage et l'enfouissement des tiges de maïs comme moyen de lutte préventive contre la Pyrale du Maïs. *Le Paysan du Haut-Rhin* **26** (41), 14-15.
- STENGEL M., 1972. La Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HÜBN) en Alsace. Biologie influence de l'attaque, prévision des dégâts et méthodes de lutte. *Rev. suisse Agric.*, **4** (3), 100-106.
- STENGEL M., 1975. Integrierte Bekämpfung des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* HÜBN. (*Lépidopt. Pyralidae*) im Elsass. *Z. angew. Entomol.*, **77**, 417-424.
- STOKOVCKA T. M., 1965. *Lutte à l'aide des Trichogrammes dans les conditions de steppe en Ukraine.* Thèse asp. confer. U. R. S. R. Univer. 113-115.
- TELENGA N. A., 1965. Lutte biologique contre la Pyrale du Maïs, 2pages dactylographiées.
- TKALITCH P. P., 1961. Biomethode contre la Pyrale du Maïs à Konople. *Zach. Rast. ot vred. boles.*, **8**, 24-25.
- TZELIK V., 1958. Lutte contre la Pyrale du maïs à l'aide des Trichogrammes. *Bioul. N. T. Nif. VN. I. I. Loubianix Koultour. Gdourov.*, **1** (5), 37-40.
- VOEGELE J., 1973. Compte rendu d'une mission d'étude en U. R. S. S. sur les Trichogrammes et sur les possibilités d'une coopération de recherche scientifique avec établissement de conventions entre la Station de Lutte biologique d'Antibes et le VIZR. de Léninegrad. I. N. R. A., 24 p.

- VOEGELE J., DAUMAL J., BRUN Ph., ONILLON J., 1974. Action du traitement au froid et aux ultraviolets de l'œuf d'*Ephestia kühniella* (Pyralidae) sur le taux de multiplication de *Trichogramma evanescens* et *T. brasiliensis* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Entomophaga*, **19**, (3), 341-348.
- ZIMIN G., 1935. Trichogrammes du maïs dans la lutte contre la Pyrale du Maïs. *Zach. Rast.*, **1**, 69-80.
- ZIMIN G., KIVIT O., 1936. Résultat d'un travail de lâcher massif de *Trichogramma evanescens* WESTW. contre la Pyrale du Maïs dans la région du Caucase du Nord. *Itogi ii rabot VIZR. za 1935*, 299-300.
-

ESSAIS D'INTOXICATION DU CANARD COL-VERT *ANAS PLATYRHYNCHOS* L. A L'AIDE DU COUMAFÈNE ET DU CHLOROPHACINONE

G. GROLLEAU et G. PARIS

Laboratoire des petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas

RÉSUMÉ

L'utilisation, en nature, du chlorophacinone (raticide anticoagulant) pour lutter contre le Rat musqué, *Fiber zibethicus* L., nous a amenés à étudier quel était le risque pouvant en découler pour le Canard col-vert, *Anas platyrhynchos* L. vivant dans les mêmes milieux. Nous l'avons comparé au coumafène.

Le chlorophacinone, à 0,005 p. 100 dans les appâts, présente un faible risque d'accident pour le col-vert. Par contre, le coumafène à 0,060 p. 100 présente un risque nettement plus élevé. Ces deux doses sont celles préconisées en nature pour la lutte contre le Rat musqué.

L'utilisation du chlorophacinone (*p*-chlorophényl-2 phényl-2 acétyl)-2 indane-dione-1,3 et du coumafène : 3-(α -acétonylbenzyl)-4 hydroxycoumarine, sous forme d'appâts empoisonnés, pour la destruction du Rat musqué, *Fiber zibethicus* L. nous a amenés à étudier quel était le risque qui pouvait résulter de l'emploi de ces substances pour les Canards sauvages vivant dans les mêmes milieux aquatiques que le Rongeur. Pour cela, nous avons choisi le Canard col-vert, *Anas platyrhynchos* L. parce que c'est l'espèce la plus communément répandue et que son élevage étant courant, il était aisé de se procurer les animaux nécessaires.

CONDITIONS D'EXPÉRIMENTATION

Tous les canards mis en expérience étaient des adultes, issus d'élevage et acclimatés à nos volières depuis plusieurs mois. Un total de 110 individus a été utilisé, soit :

94 mâles pesant de 963 à 1 575 g (poids moyen : 1 182 g)
et 16 femelles pesant de 810 à 1 142 g (poids moyen : 973 g).

Le toxique a été administré par ingestion forcée, en capsule de gélatine. Il se présentait sous la forme d'une poudre contenant 10 p. 100 de matière active (chlorophacinone ou coumafène) et 90 p. 100 d'une matière inerte.

Au cours de chaque expérience, tout animal du lot recevait chaque jour, pendant un nombre donné de jours (1, 3, 7, 10 ou 14), une dose fixe d'anticoagulant (60, 120 ou 180 mg pour le coumafène et 5, 15, 30 ou 45 mg pour le chlorophacinone).

Ces doses n'ont pas été choisies arbitrairement ; elles correspondent à la quantité d'anticoagulant contenue dans 100, 200 ou 300 g d'appât empoisonné aux taux préconisés pour la pratique, soit 0,060 p. 100 pour le coumafène et 0,015 p. 100 pour le chlorophacinone.

Toutefois, les travaux faits à l'I.N.R.A. ayant montré que l'on pouvait, sans perte d'efficacité, abaisser à 0,005 p. 100 le taux du chlorophacinone dans les appâts, nous avons été amenés à faire des essais complémentaires basés sur cette donnée nouvelle.

RÉSULTATS

L'ensemble des résultats des expériences est résumé dans le tableau suivant :

N° des expériences	Produit	Durée de l'intoxication (jours)	Dose journalière en M.A. (mg)	Mortalité	Délais de survie
1	Coumafène	1	180	9/10	1 h 15 à 5 h 30
2		1	120	2/5	3 h à 4 h 30
3		1	60	0/5	
4		3	60	0/5	
5		7	60	2/10	8 à 9 jours
6		10	60	1/5	10 jours
7		14	60	4/5	7 à 13 jours
8	Chlorophacinone	1	45	0/5	
9		1	30	0/5	
10		1	15	0/10	
11		3	15	0/5	
12		7	15	1/10	10 jours
13		10	15	4/5	8 à 12 jours
14		14	15	5/5	7 à 11 jours
15		7	5	0/10	
16		10	5	1/5	10 jours
17		14	5	2/5	12 à 16 jours

M.A. : Matière active.

A la suite de la période d'intoxication, les animaux étaient maintenus en observation durant quatre semaines et pesés à la fin de chacune d'entre elles. Nous avons noté, chez les survivants, dans 65 cas des pertes de poids vif (par rapport au poids en début d'expérience) ; les pertes maximales observées par individu ont varié de 2 à 250 g. Dans 14 autres cas, nous avons noté un gain de poids vif allant de 5 à 144 g. Il n'y a pas de relation évidente entre cette variation de poids et les doses reçues (journalières ou totales). En outre, dans des conditions identiques, la réponse individuelle est très variable.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans des expériences antérieures, faites sur Canard mignon, par administration orale en capsule de gélatine jusqu'à la mort avec un maximum de 30 jours, nous avons obtenu les résultats suivants :

Coumafène	25 mg/jour	2/2 morts en	5 et 8 jours
Coumachlore	—	2/2 —	5 et 13 —
Coumafuryl	—	1/2 —	13 —
Naphtyl indanedione	50 mg/jour	2/2 —	13 et 13 —

PAPWORTH (1958) relate l'administration pendant 6 jours à 6 Canards d'espèce non précisée, d'une dose journalière de 25 mg de coumafène. Les animaux furent sacrifiés au bout de 9 jours et l'autopsie ne révéla aucune trace hémorragique, si ce n'est quelques petites pétéchies sur le cœur de deux individus.

Ces données sur le coumafène sont difficilement rapprochables des nôtres actuelles car obtenues sur un trop petit nombre d'individus et avec des doses différentes. Pour nos essais, nous discuterons séparément le cas du coumafène et celui du chlorophacinone.

A. — *Coumafène*

Les expériences n^{os} 3 à 7 montrent que la consommation de 100 g par jour d'un appât à 0,060 p. 100 de coumafène n'entraîne un risque d'accident mortel que si la consommation se répète pendant plus de trois jours consécutifs. La mortalité ne devient très importante qu'au-dessus de dix jours de consommation.

Par contre, une consommation, même unique, entraîne un risque de mortalité non négligeable lorsqu'elle est de 200 g d'appât empoisonné (expérience n^o 2) et grave avec 300 g (expérience n^o 1).

B. — *Chlorophacinone*

A la dose d'emploi initialement utilisée pour la préparation des appâts (0,015 p. 100 de M.A.), le chlorophacinone présente, en ingestion unique, un risque nettement moindre que le coumafène, puisque la consommation de 100, 200 et 300 g d'appât (expériences 10, 9 et 8) n'a entraîné aucune mortalité dans nos expériences. Toutefois, lorsque la consommation de 100 g d'appât est répétée durant 3, 7, 10 ou 14 jours consécutifs, nous retrouvons une situation comparable à celle observée pour le coumafène : risque nul ou faible à 3 ou 7 jours, important à 10 et 14 jours (expériences 11 à 14).

Lorsque l'on abaisse à 0,005 p. 100 le taux de chlorophacinone dans les appâts, nous voyons qu'il faut atteindre une consommation de 100 g par jour, pendant dix à quatorze jours, pour trouver un risque d'accident certain mais relativement faible.

Il apparaît donc possible de dire que :

— l'abaissement à 0,005 p. 100 de la dose d'emploi du chlorophacinone dans les appâts destinés à la destruction du Rat musqué, rend très faible le risque d'accident sur des Canards col-vert consommant de tels appâts.

— le coumafène, à la dose d'emploi de 0,060 p. 100 dans les appâts empoisonnés, présente pour cette même espèce, un risque nettement plus élevé.

Reçu pour publication en septembre 1975.

SUMMARY

TRIALS OF INTOXICATION OF GREEN COLLARED DUCK, *ANAS PLATYRHYNCHOS* L. WITH COUMAPHENE AND CHLOROPHACINONE

The utilization of chlorophacinone (anticoagulant rodenticide) for controlling the muskrat, *Fiber zibethicus* L. in the nature led us to study the risk that could be followed for the green collared duck, *Anas platyrhynchos* L. living in the same environment. We compared chlorophacinone with coumaphene.

Chlorophacinone at the dose of 0.005 p. 100 mixed in the bait presents a less risk of accident for the green collared duck ; on the contrary, coumaphene at 0.060 p. 100 concentration seems to be more dangerous. These 2 doses are recommended for the control of muskrat in the nature.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- PAPWORTH D. S., 1958. A review of the dangers of warfarin poisoning to animals other than rodents. *R. Soc. Health*, **78**, n° 1, 52-60.
-

ESSAIS D'INTOXICATION DE LA PERDRIX GRISE,
PERDIX PERDIX L. ET DE LA PERDRIX ROUGE,
ALECTORIS RUFA L. A L'AIDE
DE DIFFÉRENTS PRODUITS ANTICOAGULANTS
DÉRIVÉS DE L'HYDROXYCOUMARINE
ET DE L'INDANEDIONE

G. GROLLEAU et G. PARIS

Laboratoire des petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I.N.R.A.,
78350 Jouy en Josas

RÉSUMÉ

En raison de l'utilisation, en nature, du chlorophacinone (raticide anticoagulant) pour lutter contre le Campagnol des champs, *Microtus arvalis* PALLAS, nous avons cherché à connaître le risque pouvant en découler pour les Perdrix consommant les grains empoisonnés. Pour la Perdrix rouge, *Alectoris rufa* L., le chlorophacinone fut comparé au coumafène, tandis que pour la Perdrix grise, *Perdix perdix* L., il fut comparé à quatre dérivés de l'hydroxycoumarine (dont le coumafène) et à un dérivé de l'indanedione.

La Perdrix rouge s'est montrée nettement plus sensible au chlorophacinone que la Perdrix grise. Pour cette dernière, une mortalité partielle ne se produit qu'après 30 jours d'intoxication, contre 5 à 10 jours pour la première.

La Perdrix rouge est moins sensible au coumafène qu'au chlorophacinone, tandis que chez la Perdrix grise, les différents anticoagulants expérimentés semblent avoir une toxicité comparable.

Le risque pratique existe, mais léger, pour la Perdrix rouge et il semble nul pour la grise.

L'utilisation du chlorophacinone : (*p*-chlorophényl-2 phényl-2 acétyl)-2 indanedione-1,3, sous forme d'appâts empoisonnés, pour la destruction du Campagnol des Champs, *Microtus arvalis* PALLAS, nous a amenés à étudier quel était le risque pouvant résulter de l'emploi de cette substance pour les Perdrix vivant dans les

mêmes milieux que le Rongeur. Nous avons comparé les résultats à ceux obtenus avec le coumafène : 3-(α -acétonylbenzyl)-4-hydroxycoumarine, et, de plus, dans le cas de la Perdrix grise, avec le coumafuryl : (α -acétonylfurfuryl)-3 hydroxy-4-coumarine, le coumachlore : 3-(1*p*-chlorophényl-2-acéthyléthyl)-4-hydroxycoumarine, le C.P.P.H. : 3{1-(*p*-chlorophényl)-propyl}-4-hydroxycoumarine et le pival : 2-pivalyl-1,3-indanedione.

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Toutes les perdrix mises en expérience étaient des oiseaux adultes d'élevage fournis par l'« Office national de la Chasse » et acclimatés à leurs volières depuis plusieurs mois. Nous avons utilisé 87 perdrix grises et 50 perdrix rouges, soit :

Perdrix grises

73 mâles pesant de 266 à 396 g (poids moyen = 335 g)
 11 femelles pesant de 277 à 412 g (poids moyen = 321 g)
 3 individus non sexés de 298, 317 et 381 g.

Perdrix rouges

22 mâles pesant de 400 à 529 g (poids moyen = 471 g)
 28 femelles pesant de 370 à 454 g (poids moyen = 405 g).

Le toxique a été administré par ingestion forcée, en capsule de gélatine. Il se présentait pour chacun des produits, sous la forme d'une poudre contenant 10 p. 100 de matière active et 90 p. 100 d'une matière inerte.

Au cours de chaque expérience, tout animal du lot recevait journellement, pendant un nombre donné de jours (15 et 30 jours pour les perdrix grises et 5, 10, 12 et 15 jours pour les perdrix rouges) une dose fixe de produit anticoagulant.

— Perdrix grises

2,25 ou 4,50 mg de chlorophacinone
 7,50 mg pour les autres anticoagulants.

— Perdrix rouges

3 mg de chlorophacinone
 10 mg de coumafène.

Ces doses n'ont pas été choisies arbitrairement ; elles correspondent à la quantité d'anticoagulant contenue dans 30 g (ou 60 g) de grain empoisonné pour la Perdrix grise et 40 g pour la Perdrix rouge, aux taux préconisés dans la pratique pour la lutte contre *Microtus arvalis*, soit : 0,0075 p. 100 pour le chlorophacinone et 0,025 p. 100 pour les autres produits. Les quantités d'appât de 30 et 40 g correspondent aux consommations journalières théoriques respectives de la Perdrix rouge.

RÉSULTATS

L'ensemble des résultats expérimentaux est résumé dans les tableaux suivants :

1. — *Perdrix grise*

N° des expériences	Produit	Durée de l'intoxication (jours)	Dose journalière en M.A. (mg)	Mortalité	Délais de survie (jours)
1	Chlorophacinone	15	2,25	0/10	
2	—	30	2,25	4/19	15 à 43
3	—	15	4,50	3/10	5 à 28
4	Coumafène	30	7,50	3/9	7 à 22
5	Coumafuryl	30	7,50	2/10	5 à 16
6	Coumachlore	30	7,50	2/9	13 à 17
7	C.P.P.H.	30	7,50	5/10	8 à 27
8	Pival	30	7,50	1/10	11

2. — *Perdrix rouge*

N° des expériences	Produit	Durée de l'intoxication (jours)	Dose journalière en M.A. (mg)	Mortalité	Délais de survie (jours)
9	Chlorophacinone	5	3	1/10	35
10	—	10	3	1/10	11
11	—	12	3	2/10	7 à 9
12	—	15	3	9/10	6 à 15
13	Coumafène	15	10	1/10	28

M.A. : Matière active.

Les oiseaux étaient maintenus en observation durant quatre semaines au minimum et pesés à la fin de chaque semaine. Nous avons noté chez les survivants les variations de poids vif suivantes :

Perdrix grises.

- dans 63 cas, des pertes de poids vif (par rapport au poids en début d'expérience). Les pertes maximales par individu ont varié de 2 à 51 g ;
- dans 4 cas, des gains de poids vif allant de 5 à 16 g.

Perdrix rouges.

- dans 31 cas, des pertes de poids vif allant de 1 à 93 g ;
- dans 5 cas, des gains de poids vif allant de 5 à 19 g.

Il n'y a, chez les deux espèces, aucune relation évidente entre les doses reçues (journalières ou totales) et les variations de poids. En outre, dans des conditions identiques, la réponse individuelle est très variable.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans les expériences antérieures, faites sur Poule, Pigeon domestique, Faisan de chasse et Perdrix grise, par administration orale en capsule de gélatine jusqu'à la mort (avec un maximum de 30 ou 60 jours), nous avons obtenu les résultats suivants :

Référence des expériences	Espèce	Produit	Durée de l'intoxication	Dose journalière en M.A. (mg)	Mortalité	Délais de survie (jours)
A	Poule mâle	Coumafène	30	12,5	1/1	18
B	—	—	30	25	1/1	10
C	Pigeon	—	30	5,3	1/1	10
D	Poule femelle	—	60	12,5	2/5	11 et 21
E	—	—	60	25	2/5	11 et 19
F	—	Coumachlore	60	12,5	5/5	6 à 28
G	—	—	60	25	5/5	6 à 17
H	—	Coumafuryl	60	12,5	1/5	29
I	—	—	60	25	0/5	
J	—	N.I.D.	60	50	0/5	
K	—	—	60	100	1/5	17
L	Faisan	Coumafène	30	15	0/2	
M	—	Coumachlore	30	15	1/2	20
N	—	Coumafuryl	30	15	0/2	
O	—	N.I.D.	30	30	0/2	
P	Perdrix grise	Coumafène	30	10	1/2	30
Q	Poule mâle	—	30	20	2/4	9 et 18
R	—	Bromophacinone	30	20	5/5	8 à 24
S	Faisan	Coumafène	30	15	0/3	
T	—	Bromophacinone	30	15	1/3	27
U	Perdrix grise	—	30	10	0/2	

N.I.D. = 2-Naphtyl, 1,3 indanedione.

Bromophacinone = (*p*-bromophényl-2 phényl-2 acétyl)-2 indanedione-1,3.

Nous n'avons dans ce tableau, qu'une donnée comparable avec nos expériences récentes. Pour des doses assez voisines de coumafène et pour une même durée d'intoxication, nous avons obtenu des résultats concordants (expériences n° 4 et P).

CRABTREE et ROBINSON (1952) ont nourri, pendant 30 jours cinq Perdrix Chukar, *Alectoris graeca* L. avec un aliment à 0,025 p. 100 de coumafène, sans observer de mortalité. Si nous comparons ces résultats à ceux obtenus, sur Perdrix rouge, dans notre expérience n° 13, nous pouvons en déduire que cette dernière espèce est probablement plus sensible au coumafène que sa proche parente la Perdrix chukar.

PAPWORTH (1958) relate l'administration, pendant 16 jours, d'une dose journa-

lière de 5 mg de coumafène, à 6 faisans (3 mâles et 3 femelles). Ces oiseaux furent sacrifiés le dix-huitième jour et seuls deux individus présentaient de petites hémorragies. Une dose dix fois plus élevée (50 mg par jour) administrée à 6 autres faisans (3 mâles et 3 femelles) pendant 16 jours, provoqua la mort de 5 individus sur 6. Ces résultats sont difficilement comparables à ceux indiqués dans nos expériences L et S, car obtenus avec des doses différentes de coumafène et pour des durées d'intoxication également différentes ; il ne semble cependant pas y avoir de discordance entre eux.

Étant donné la grande diversité entre nos essais anciens, les données de la littérature et nos expériences récentes, nous ne discuterons que ces dernières. Nous y observons que :

— Chez la Perdrix grise, pour une durée d'intoxication de 30 jours, les différents anticoagulants expérimentés paraissent avoir une toxicité comparable, excepté semble-t-il le CPPH qui apparaîtrait comme plus toxique (voir expériences n° 2, 4, 5, 6, 7, 8).

— La Perdrix rouge est nettement plus sensible au chlorophacinone que la Perdrix grise, puisque pour une consommation journalière répétée durant 15 jours, nous obtenons 9 morts sur 10 animaux pour la première, contre 0 sur 10 pour la seconde (expériences n°s 12 et 1). Nous ne possédons pas, pour le coumafène, d'expériences ayant une durée égale d'intoxication chez les deux espèces.

— Pour la Perdrix grise, il faut atteindre 30 jours d'intoxication pour obtenir une mortalité partielle : 20 p. 100 avec le chlorophacinone et 33 p. 100 avec le coumafène (expériences n°s 2 et 4). Mais cette comparaison chiffrée doit être faite avec prudence, en raison de l'inégalité, et de la faiblesse relative des lots.

— Chez la Perdrix grise, le doublement de la dose de chlorophacinone, pour une durée d'intoxication de 15 jours, fait passer la mortalité de 0 à 30 p. 100 (expériences n°s 1 et 3).

— Chez la Perdrix rouge, les mortalités partielles commencent pour de faibles durées d'intoxication (10 p. 100 en 5 et 10 jours, expériences n°s 9 et 10), avec le chlorophacinone. Les 20 p. 100 de mortalité sont atteints en 12 jours (expérience n° 11) au lieu de 30 jours pour la Perdrix grise (expérience n° 2), une intoxication de 15 jours (expérience n° 12) amenant une mortalité sub-totale.

Par contre, cette même durée d'intoxication de 15 jours ne provoque, avec le coumafène, qu'une mortalité de 10 p. 100 (expérience n° 13). La Perdrix rouge est donc moins sensible au coumafène qu'au chlorophacinone.

Dans le cas de la lutte contre le Campagnol des champs à l'aide de grains empoisonnés à 0,0075 p. 100 de chlorophacinone, il paraît très peu probable qu'une Perdrix rouge puisse trouver et consommer 40 g de grains traités par jour, pendant quatre à cinq jours consécutifs ; cette consommation n'entraînerait d'ailleurs qu'une mortalité partielle. Le risque paraît encore beaucoup moindre pour la Perdrix grise, puisque des consommations encore plus importantes seraient nécessaires. Un surdosage des grains en chlorophacinone, accidentel ou volontaire, entraînerait pour cette espèce une augmentation sensible mais légère du risque ; il est à craindre qu'elle ne soit plus grave pour la Perdrix rouge.

SUMMARY

TRIALS OF INTOXICATION OF GREY PARTRIDGE, *PERDIX PERDIX* L.
AND RED PARTRIDGE, *ALECTORIS RUFA* L.
WITH DIFFERENT ANTICOAGULANTS DERIVATED FROM HYDROXYCOUMARINE
AND INDANEDIONE

Due to the practical utilization of chlorophacinone (anticoagulant rodenticide) for controlling the field-vole *Microtus arvalis* PALLAS, we have tried to know the risk that could be followed for the partridges consuming the poisoned grains. For the red partridge, *Alectoris rufa* L., chlorophacinone was compared with coumafene; while for grey partridge, *Perdix perdix* L., it was compared with 4 derivatives of hydroxycoumarine (coumafene belongs to this category) and one derivative of indanedione.

The red partridge was clearly more susceptible to chlorophacinone than the grey partridge. For the latter, a potential mortality is produced only after 30 days of intoxication, whereas 5-10 days are required for red partridge.

The red partridge is less susceptible to coumafene than to chlorophacinone. In case of grey partridge, the different anticoagulants tested appeared to have comparable toxicity.

The practical risk exists but less for the red partridge and it appeared to be nil for the grey partridge.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CRABTREE D. G., ROBINSON W. H., 1952. Warfarin and its effects on some wildlife species. *Trans. 17th North Am. Wild. Cfce, Wild Mgt. Inst.*, Washington DC, 167-173.
- PAPWORTH D. S., 1958. A review of the dangers of warfarin poisoning to animals other than rodents. *R. Soc. Health*, **78**, n° 1, 52-60.
-

TABLE DES MATIÈRES DE L'ANNÉE

H. AUDEMARD, H. G. MILAIRE. — Le piégeage du carpocapse (<i>Laspeyresia pomonella</i> L.) avec une phéromone sexuelle de synthèse : premiers résultats utilisables pour l'estimation des populations et la conduite de la lutte	61
Aude BLANC, M. BLANC. — Étude du rôle des substances extraites du Pin maritime sur l'orientation et la prise de nourriture chez <i>Pissodes notatus</i> F. (Coleoptera, Curculionidae)	525
Josette BOSCHER. — Recherches préliminaires sur les substances émises par le Poireau (<i>Allium porrum</i> L.) et stimulant la ponte de la teigne (<i>Acrolepia assectella</i> ZELL.)	499
R. BOURNOVILLE. — Relations entre les hétéroptères mirides nuisibles à la luzerne porte-graines et la phénologie de la plante	197
E. BRUNEL, J. M. RABASSE. — Influence de la forme et de la dimension de pièges à eau colorés en jaune sur les captures d'insectes dans une culture de carotte. Cas particulier des diptères	345
R. CAYROL. — Influence de diverses combinaisons des photophases de 8 heures et de 16 heures sur les processus de développement et de croissance chez les larves d' <i>Amathes c.-nigrum</i> (Lep. Noctuidae). Esquisse d'une théorie concernant un type de dormance	321
G. CROIZIER. — Le diagnostic immunologique dans la perspective de la lutte microbiologique contre les insectes	185
Jeanne DAUMAL, J. VOEGELE, P. BRUN. — Les Trichogrammes. II. — Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution <i>Ephestia kuehniella</i> ZELL. (Lepidoptera, Pyralidae)	45
Sylvie DERRIDJ. — Étude au champ de l'effet de succession des variétés de pomme de terre : Ackersegen, Bintje et Kennebec (<i>Solanum tuberosum</i> L.) sur la biologie du doryphore (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> SAY). (Coléoptère, Chrysomelidae)	227
J. FARGUES. — Étude expérimentale dans la nature de l'utilisation combinée de <i>Beauveria bassiana</i> et d'insecticides à dose réduite contre <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	247
A. FERRAN, J. P. LAFORGE. — L'alimentation artificielle des larves de la Coccinelle aphidiphage <i>Adonia 11 notata</i> SCHN. (Col. Coccinellidae). I. — Étude préliminaire sur le rôle d'une fraction azotée complexe et d'un mélange d'acides aminés	I

A. FERRAN, J. P. LAFORGE. — L'alimentation artificielle des larves de la Coccinelle aphidiphage <i>Adonia 11 notata</i> SCHN. (Col. coccinellidae). II. — Influence de différents aliments azotés sur le développement post-embryonnaire	34
R. T. GAHUKAR. — Nouvelles techniques adoptées pour l'élevage d' <i>Ostrinia nubilalis</i> HUBNER sur milieu artificiel	491
S. GRENIER, G. BONNOT, B. DELOBEL. — Définition et mise au point de milieux artificiels pour l'élevage <i>in vitro</i> de <i>Phryxe caudata</i> ROND. (Diptera, Tachinidae). II. — Croissance et mues larvaires du parasitoïde en milieux définis	13
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Essais d'intoxication du Canard col-vert, <i>Anas platyrhynchos</i> L. à l'aide du coumafène et du chlorophacinone	553
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Essais d'intoxication de la Perdrix grise, <i>Perdix perdix</i> L. et de la Perdrix rouge, <i>Alectoris rufa</i> L. à l'aide de différents produits anticoagulants dérivés de l'hydroxycoumarine et de l'indanedione	557
L. GRUNER. — Étude de l'activité des adultes de divers scarabéides antillais au moyen de piègeages lumineux et chimiques	399
L. GRUNER. — Échantillonnage des populations de vers blancs de <i>Phyllophaga patrueloïdes</i> PAULIAN (Coleoptera : Scarabaeidae) par la méthode de l'analyse progressive et prévision des dégâts dans les cultures de canne à sucre en Guadeloupe	505
Gilberte GUENNELON, F. D'ARCIER, J. TRINCAL. — Description d'une production massive de l'Eudémis de la Vigne sur milieu artificiel (<i>Lobesia botrana</i> SCHIFF, Lepidoptera Tortricidae)	295
E. GUREVITZ. — Contribution à l'étude de scolytidae. I. — Comportement de différents stades de scolyte méditerranéen <i>Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus</i> EGGERS en Israël	477
A. KERMARREC. — Étude des relations synécologiques entre les nématodes et la fourmi manioc <i>Acromyrmex octospinosus</i> REICH.	27
J. P. LAFFRANQUE, M. CANARD. — Biologie du prédateur aphidiphage <i>Boromyia subnebulosa</i> (STEPHENS) (Neuroptera, Hemerobiidae), études au laboratoire et dans les conditions hivernales du Sud-Ouest de la France	331
F. LIEUTIER. — Humidité et dessèchement en milieu sous-cortical : conséquences pour la faune associée	171
R. MOREAU, C. CASTEX, M. LAMY. — Examen préliminaire de quelques aspects des effets métaboliques d'un nouvel insecticide de synthèse chez deux insectes nuisibles : <i>Pieris brassicae</i> L. et <i>Thaumetopoea pityocampa</i> S. (Lépidoptères)	161
G. PLANTEVIN. — Contribution à l'étude de la biologie de <i>Galleria mellonella</i> , mues, croissance et développement	365
G. PLANTEVIN. — Contribution à l'étude de la biologie de <i>Galleria mellonella</i> . Action de l'hormone juvénile et de certains de ses mimétiques au niveau de l'organisme entier	441

Madeleine PRALAVORIO, P. JOURDHEUIL, P. MILLOT. — Essais d'utilisation de l'Acarien prédateur <i>Phytoseiulus persimilis</i> contre les tétranyques sur diverses cultures florales et maraîchères en serre	211
G. STREBLER. — Écologie des parasites d'animaux élevés sur herbages	139
G. STREBLER. — Mécanismes de formation des zoocécidies	273
J. VOEGELE, M. STENGEL, S. SCHUBERT, Jeanne DAUMAL, Jeannine PIZZOL. — Les trichogrammes. V. a) — Premiers résultats sur l'introduction en Alsace sous forme de lâchers saisonniers de l'écotype moldave de <i>Trichogramma evanescens</i> WESTW. contre la pyrale du maïs, <i>Ostrinia nubilalis</i> HUBN ..	535
<i>Notes techniques.</i>	
Y. LAUDEHO, C. LIAROPOULOS, C. LOUSKAS. — Étude du stade pupal de <i>Dacus oleae</i> (GMEL.) au niveau du sol	265
R. PRALAVORIO, Y. ARAMBOURG, D. CODOU. — Possibilité de piégeage sexuel chez <i>Prays olea</i> (BERN) <i>Lepidoptera Hyponomeutidae</i>	269
G. REVERSAT. — Élevage monoxénique du nématode <i>Heterodera oryzae</i> sur le riz	81
<i>Mise au point bibliographique.</i>	
R. T. GAHUKAR. — Résistance du maïs à la pyrale <i>Ostrinia nubilalis</i> HBN. (<i>Lepidoptera : Pyraustidae</i>)	425
J. P. MOREAU, R. T. GAHUKAR. — Importance des méthodes expérimentales dans les études des relations plantes-insectes	119
J. STOCKEL. — Les analogues de l'hormone juvénile ou régulateurs de croissance chez l'insecte. Possibilités d'application dans la lutte contre les espèces nuisibles	91
<i>Chronique des livres</i>	137

CONTENTS

H. AUDEMARD, H. G. MILAIRE. — Trapping of <i>Laspeyresia pomonella</i> L. with a synthetic sexual pheromone. First results useful for the populations estimate and the management of control	61
Aude BLANC, M. BLANC. — Study of the effects of extracts of <i>Pinus pinaster</i> on attraction and sampling by <i>Pissodes notatus</i> F. (Col. <i>Curculionidae</i>) ..	525
Josette BOSCHER. — Preliminary research on the substances emitted by leek (<i>Allium porrum</i> L.) and stimulant for egg laying of moth (<i>Acrolepia assectella</i> ZELL.)	499
R. BOURNOVILLE. — Relationship between the mirid bugs infesting seed-oriented lucerne and phenology of the plant	197
E. BRUNEL, J. M. RABASSE. — Effects of the shape and of the dimensions of water traps painted in yellow on the catches of insects in a carrot culture. Special case of diptera	345

R. CAYROL. — The effect of various 8 and 16 hour photophase combinations on the development and growth processes in <i>Amathes c.-nigrum</i> (Lep. Noctuidae) larvae. The outline of a theory concerning one type of dormancy	321
G. CROIZIER. — The immunological diagnosis with regard to the microbiological control of insects pests	185
Jeanne DAUMAL, J. VOEGELE, P. BRUN. — Trichogramma. II. — Unity of mass and daily production of a substitute host : <i>Ephestia kuehniella</i> ZELL. (Lepidoptera, Pyralidae)	45
Sylvie DERRIDJ. — A field study on the effect of succession of potato varieties : Ackersegen, Bintje and Kennebec (<i>Solanum tuberosum</i> L.) on biology of colorado potato beetle (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> SAY.) (Coleoptera, Chrysomelidae)	227
J. FARGUES. — Fields experiments on the combination of <i>Beauveria bassiana</i> with insecticides for the control of <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	247
A. FERRAN, J. P. LAFORGE. — Artificial diet for the larvae of aphidophagous coccinellid beetle, <i>Adonia-II-notata</i> SCHN. (Col. Coccinellidae)	I
A. FERRAN, J. P. LAFORGE. — The artificial diet on the larvae of the aphidiphagous ladybird <i>Adonia II notata</i> SCHN. (Col. Coccinellidae). II. — Effect of various nitrogenous diets on the post-embryonic development	311
R. T. GAHUKAR. — New techniques adopted for the rearing of <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER (Lepidoptera, Pyraustidae) on artificial diet	491
S. GRENIER, G. BONNOT, B. DELOBEL. — Synthetic media for <i>in vitro</i> rearing of <i>Phryxe caudata</i> ROND. (Diptera, Tachinidae). II. — Growth and larval moultings of the parasitoid in defined media	13
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Trials of intoxication of green collared duck, <i>Anas platyrhynchos</i> L. with coumaphene and chlorophacinone	553
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Trials of intoxication of grey partridge, <i>Perdix perdix</i> L. and red partridge, <i>Alectoris rufa</i> L. with different anticoagulants derivated from hydroxycoumarine and indanedione	557
L. GRUNER. — Activity of the adults of west indian scarab beetles studied by light and chemical trapping	399
L. GRUNER. — Sequential sampling of <i>Phyllophaga patrueloides</i> PAULIAN white grubs (Coleoptera : Scarabaeidae) and damages prevision in sugar cane fields in Guadeloupe Island (F.W.I.)	505
Gilberte GUENNELON, F. D'ARCIER, J. TRINCAL. — Specifications for mass producing <i>Lobesia botrana</i> SCHIFF. (Lepidoptera : Tortricidae) on an artificial diet	295
E. GUREVITZ. — Contribution to the study of Scolytidae. I. — Behaviour of differents stages of <i>Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus</i> EGGERS in Israël	333
A. KERMARREC. — Synecological relations between nematodes and <i>Acromyrmex octospinosus</i> REICH	27

J. P. LAFFRANQUE, M. CANARD. — Biology of the aphidophagous predator <i>Boriomyia subnebulosa</i> (STEPHENS) (Neuroptera, Hemerobiidae) : laboratory experiments and studies in natural winter conditions of the south west of France	331
F. LIEUTIER. — Humidity and dryness in environment below cortical : consequences on the associated fauna	171
R. MOREAU, C. CASTEX, M. LAMY. — First observation of the metabolic effects of a new insecticide among two mischievous insects <i>Pieris brassicae</i> L. and <i>Thaumetopoea pityocampa</i> S. (Lepidoptera)	161
G. PLANTEVIN. — Biology of <i>Galleria mellonella</i> : moults, growth and development	365
G. PLANTEVIN. — Contribution to the study of the biology of <i>Galleria mellonella</i> . Action of the juvenile hormone and some imitative substances on the organism as a whole	441
Madeleine PRALAVORIO, P. JOURDHEUIL, P. MILLOT. — Attempts to control <i>Tetranychidae</i> of vegetable and ornamental crops in greenhouse using the predatory mite <i>Phytoseiulus persimilis</i>	211
G. STREBLER. — Ecology of the parasites of animals during breeding	139
G. STREBLER. — Zoocedidium formation mechanisms	273
J. VOEGELE, M. STENGEL, G. SCHUBERT, Jeanne DAUMAL, Jeannine PIZZOL. — <i>Trichogramma</i> V. a). — First results of the introduction in Alsace of the Moldavian ecotype of <i>Trichogramma evanescens</i> WESTW. against <i>Ostrinia nubilalis</i> HUBN. using the overflowing and periodical releases method .	535
<i>Technical notes.</i>	
Y. LAUDEHO, C. LIAROPOULOS, C. LOUSKAS. — Study of the pupal stage of <i>Dacus oleae</i> (GMEL.) in the ground	265
R. PRALAVORIO, Y. ARAMBOURG, D. CODOU. — Possible use of sexual traps for <i>Prays oleae</i> (BERN.) (Lepidoptera Hyponomeutidae)	269
G. REVERSAT. — Monoxenic culture of <i>Heterodera oryzae</i> on rice	81
<i>Bibliographical review.</i>	
R. T. GAHUKAR. — Resistance of maize to the european corn borer, <i>Ostrinia nubilalis</i> HBN. (Lepidoptera : Pyraustidae)	425
J. P. MOREAU, R. T. GAHUKAR. — Importance of experimental methods in the studies on plants insects relationship	119
J. STOCKEL. — Analogues of juvenile hormone or growth regulators in insects : possibilities of application in the control of destructive species	91
<i>Book reviews</i>	137

CONTENTS

G. PLANTEVIN. — Contribution to the study of the biology of <i>Galleria mellonella</i> . Action of the juvenile hormone and some imitative substances on the organism as a whole ...	441
E. GUREVITZ. — Contribution to the study of Scolytidae. I. — Behaviour of different stages of <i>Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus</i> EGGERS in Israël	477
R. T. GAHUKAR. — New techniques adopted for the rearing of <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER (<i>Lepidoptera, Pyraustidae</i>) on artificial diet	491
Josette BOSCHER. — Preliminary research on the substances emitted by leek (<i>Allium porrum</i> L.) and stimulant for egg laying of moth (<i>Acrolepia assectella</i> ZELL.)	499
L. GRUNER. — Sequential sampling of <i>Phyllophaga patrueloides</i> PAULIAN white grubs (<i>Coleoptera : Scarabaeidae</i>) and damages prevision in sugar cane fields in Guadeloupe Island (F.W.I.)	505
Aude BLANC, M. BLANC. — Study of the effects of extracts of <i>Pinus pinaster</i> on attraction and sampling by <i>Pissodes notatus</i> F. (<i>Col., Curculionidae</i>)	525
J. VOEGELE, M. STENGEL, G. SCHUBERT, Jeanne DAUMAL, Jeannine PIZZOL. — Trichogramma. V. (a). — First results of the introduction in Alsace of the Moldavian ecotype of <i>Trichogramma evanescens</i> WESTW. against <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBN. using the over-flowing and periodical releases method	535
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Trials of intoxication of green collared duck, <i>Anas platyrhynchos</i> L. with coumaphene and chlorophacinone	553
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Trials of intoxication of grey partridge, <i>Perdix perdix</i> L. and red partridge, <i>Alectoris rufa</i> L. with different anticoagulants derivated from hydroxycoumarine and indanedione	557

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire* : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* : (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusions* ; f) *titre et résumé* anglais ou destinés à être traduits en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français *très complet*. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit $\times 0,5$, soit $\times 0,25$.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos : 9 × 12 ; 4 photos : 9 × 5,5 ; 6 photos : 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité pour les tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. BILIOTTI, Centre national de Recherches agronomique, 78000 Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

Le Directeur de la publication : M.-L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 12-1975

Dépôt légal : 4^e trimestre 1975. N^o d'impression : 1611

CPPAP n^o 47721

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1976	France	Étranger	Le N ^o
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n ^{os} par an	270 F	296 F	65 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n ^{os} par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n ^{os} par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 n ^{os} par an ⁽¹⁾	270 F	296 F	65 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n ^{os} par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n ^{os} par an	125 F	140 F	85 F

(¹) En 1976, les *Annales de Biologie animale*, *Biochimie*, *Biophysique* passeront de 4 n^{os} à 6 n^{os} par an.

APIDOLOGIE, 4 n^{os} par an — Abonnement : France : 60 F — Étranger sauf R. F. A. : 70 F
— Le numéro : France : 20 F — Étranger sauf R. F. A. : 25 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Carte pédologique de France au 1/100 000. Moulins-L 14 et notice explicative par J. C. Favrot. 177 p. et une carte, 1974	50,50 F
Carte pédologique de France au 1/100 000. Toulon-P 23 et notice explicative par J. Portier. 107 p. et une carte, 1974	53,50 F
Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux, Paris, 21-22 novembre 1973. 141 p., 1974	52,00 F
L'I. N. R. A. au service des Industries agricoles et alimentaires. Inventaire des Recherches. 266 p., 1974	35,00 F
Symposium international sur la conservation des grains récoltés humides, Paris, 5-10 mars 1973. 762 p., 1973	150,00 F
Le Pois. Étude génétique des caractères, classification, caractéristiques variétales portant sur les variétés inscrites au catalogue officiel français, par R. Cousin. 111 p. et 140 fiches, 1974	150,00 F
Contribution à l'étude de la Faune de France. Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), par J. M. Gourreau. 223 p., 1974	85,00 F
Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par P. Augé, P. Allemand, R. Hamès. 144 p., 1973	58,85 F
Colloque sur l'ovogenèse et la folliculogenèse, Nouzilly, 14-16 déc. 1972. 258 p., 1973	120,00 F
Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A. - C. N. R. S. 549 p., 1973	160,50 F
Recherches acridiennes à Madagascar. 262 p., 1972	80,00 F
IV^e Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970. 211 p., 1972	60,00 F
Lombriciens de France, Écologie et Systématique, par M.-B. Bouché. 671 p., 1972	150,00 F
III^e Conférence du Groupe consultatif des Statisticiens forestiers, Jouy en Josas, 7-11 septembre 1970. 332 p., 1972	139,75 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

G. PLANTEVIN. — Contribution à l'étude de la biologie de <i>Galleria mellonella</i> . Action de l'hormone juvénile et de certains de ses mimétiques au niveau de l'organisme entier ..	441
E. GUREVITZ. — Contribution à l'étude des Scolytidae. I. — Comportement de différents stades du scolyte méditerranéen <i>Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus</i> EGGERS en Israël	477
R. T. GAHUKAR. — Nouvelles techniques adoptées pour l'élevage d' <i>Ostrinia nubilalis</i> HUBNER sur milieu artificiel	491
Josette BOSCHER. — Recherches préliminaires sur les substances émises par le Poireau (<i>Allium porrum</i> L.) et stimulant la ponte de la teigne (<i>Acrolepia assectella</i> ZELL.)	499
L. GRUNER. — Échantillonnage des populations de vers blancs de <i>Phyllophaga patrueloïdes</i> PAULIAN (<i>Coleoptera</i> : <i>Scarabaeidae</i>) par la méthode de l'analyse progressive et prévision des dégâts dans les cultures de canne à sucre en Guadeloupe	505
Aude BLANC, M. BLANC. — Étude du rôle des substances extraites du Pin maritime sur l'orientation et la prise de nourriture chez <i>Pissodes notatus</i> F. (<i>Coleoptera</i> , <i>Curculionidae</i>)	525
J. VOEGELE, M. STENGEL, G. SCHUBERT, Jeanne DAUMAL, Jeannine PIZZOL. — Les trichogrammes. V (a). — Premiers résultats sur l'introduction en Alsace sous forme de lâchers saisonniers de l'écotype moldave de <i>Trichogramma evanescens</i> WESTW. contre la pyrale du maïs, <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBN.	535
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Essais d'intoxication du Canard col-vert, <i>Anas platyrhynchos</i> L. à l'aide du coumafène et du chlorophacinone	553
G. GROLLEAU, G. PARIS. — Essais d'intoxication de la Perdrix grise, <i>Perdix perdix</i> L. et de la Perdrix rouge, <i>Alectoris rufa</i> L. à l'aide de différents produits anticoagulants dérivés de l'hydroxycoumarine et de l'indanedione	557

Contents, see at the end of the issue

Les Annales de Zoologie - Écologie animale figurent dans Current Contents